

**TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA**

**Sähkötekniikka**

**Sähkövoimatekniikka**

**INSINÖÖRITYÖ**

**INDUKTIOKONEIDEN VYYHDINVALMISTUKSEN JA KÄÄMINNÄN TULEVAISUUDEN  
KAPASITEETTIA SEKÄ LÄPIMENOAJAN LYHENEMISTÄ TUKEVA *LAYOUT***

**Työn tekijä: Petri Honkanen  
Työn valvoja: Jari Ijäs  
Työn ohjaaja: Pasi Viitaharju**

**Työ hyväksytty: \_\_. \_\_. 2008**

**Jari Ijäs  
lehtori**

## ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin ABB Oy:n Helsingin yksikölle, Induktiokoneiden vyyhdenvalmistus- ja käämintälinjoille syksyn 2007 ja kevään 2008 aikana.

Kiitän kehitysryhmän esimiestä Teemu Antolaa saamastani insinöörityön aiheesta, sekä ohjaajaani, tuotannonkehitysinsinööri Pasi Viitaharjua saamastani opastuksesta ja ideoista insinöörityöhöni.

Kiitokset kuuluvat myös monille ABB Induktiokoneiden palveluksessa oleville työnjohtajille, valmistuspäälliköille ja työntekijöille, jotka ovat omalla panoksellaan ja kehitysideoillaan olleet mahdollistamassa ja edesauttamassa tämän insinöörityön toteutumisen.

Kiitän myös insinöörityöni valvojaa, Jari Ijästä hyvin toimineesta yhteistyöstä, sekä oivallisista toteutusideoista tämän insinöörityön aikana.

Haluan kiittää erityisesti avovaimoani hänen antamastaan suuresta tuesta ja kannustuksesta tämän projektin edetessä.

Helsingissä 16.4.2008

Petri Honkanen

## INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Petri Honkanen	
Työn nimi: Induktiokoneiden vyyhdenvalmistuksen ja kääminnän tulevaisuuden kapasiteettia sekä läpimenoajan lyhenemistä tukeva <i>layout</i>	
Päivämäärä: 16.04.2008	Sivumäärä: 46 s. + 5 liitettä
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Työn valvoja: Jari Ijäs, DI, sähkötekniikan lehtori	
Työn ohjaaja: Pasi Viitaharju, Tuotannonkehitysinsinööri	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin ABB Oy:n Pitäjänmäen konetehtaan Sähkökoneet-yksikölle. Työssä suunniteltiin Induktiokoneiden vyyhdenvalmistuksen ja kääminnän tulevaisuuden kapasiteettia sekä läpimenoajan lyhenemistä tukeva <i>layout</i>. Työssä kiinnitettiin huomiota myös järkeviin materiaalivirtoihin sekä työturvallisuuden parantamiseen.</p> <p>Työ aloitettiin kartoittamalla vyyhdenvalmistusten ja käämintöjen tilanne sekä tutkittiin tulevaisuudelle ennustettu kuormitus. Kartoituksen perusteella mietittiin, mitä välttämättömiä muutoksia tarvitsee tulevaisuudessa tehdä työtapojen, koneiden ja työpisteiden suhteen. Läpimenoaikoja tutkittiin ja mietittiin keinoja sen lyhentämiseksi. Edellä mainittujen perusteella lähdettiin suunnittelemaan <i>layout</i>, joka toteuttaisi kaikki vaaditut kriteerit mahdollisimman kattavasti.</p> <p>Työn tuloksena syntyi <i>layout</i>-ehdotus, joka kattaa vaaditut kriteerit käytössä oleviin tiloihin ja niiden sijaintiin nähden parhaalla mahdollisella tavalla. Tämä ehdotus on varsin varteenotettava, mikäli tuotantokäyttöön suunniteltu käsieristyskone ei sovellu sille tarkoitettuun käyttötarkoitukseen, eikä näin ollen tule tuotantokäyttöön. Tällä <i>layoutilla</i> on mahdollista parantaa työturvallisuutta raskaiden taakkojen kuljetusten vähentyessä, lyhentää läpimenoaikoja turhien siirtelyiden poistuttua ja tehdä materiaalivirroista loogisia. Näillä parannuksilla varmistuisi tulevaisuuden kuormituksen läpimenon kyseisillä osastoilla.</p> <p>Tästä lopputyöstä on hyötyä ABB:llä käynnissä olevalle vyyhdenvalmistus projektille, jonka tehtävänä on kehittää vyyhdenvalmistusta. Tämän lisäksi projektin tarkoituksena on miettiä vyyhdenvalmistukselle uusi <i>layout</i>, mikäli se nähdään tarpeelliseksi. Tekemiäni kartoitus, <i>layout</i> ja parannusehdotukset ovat tarpeellisia pohjatietona tämän projektin edetessä.</p> <p>Tekemiäni parannusehdotuksia on jo osittain otettu käyttöön vyyhdenvalmistuksessa. Parannusehdotuksiani tullaan vyyhdenvalmistuksessa toteuttamaan, kokeilemaan ja kehittämään eteenpäin vielä jatkossakin.</p>	
Avainsanat: Layout, läpimenoaika, materiaalivirrat	

## ABSTRACT

Name: Petri Honkanen	
Title: New layout for Induction Machines for Coil manufacturing and Winding departments, which is supporting shortening throughput time and future capacity	
Date: 16.04.2008	Number of pages: 46 + 5 Appendices
Department: Electrical Engineering	Study Programme: Electric power technology
Instructor: Jari Ijäs, Senior Lecturer of Electrical Engineering	
Supervisor: Pasi Viitaharju, Production Development Engineer of Induction Machines	
<p>This thesis was made for ABB Industry Ltd/Machines group, Electric Machines unit in Pitäjänmäki. The main purpose of this thesis was to plan a new layout for Induction Machines for Coil manufacturing and Winding departments, which is supporting shortening throughput time and future capacity. This project also included plans to improve material flows and work safety.</p> <p>This project was started by mapping out the situation in winding and coiling departments. Also the load of future, need for better working methods, new machines and workstations were studied. On these bases the necessary improvements were planned. Throughput times and the ways to make them shorter were studied. With all these results the planning of a new layout was started. The leading idea was that it would meet the needed demands as well as possible.</p> <p>As a result of this thesis we got a layout proposal, which meets the demands well, considering the available spaces and their locations. This proposal is noteworthy, if a hand tapping machine would not become a part of our production chain. With this layout work safety increases, throughput time decrease and material flows become more reasonable due to the decrease in unnecessary transportations. With these improvements the throughput of the future load is secured.</p> <p>This thesis is useful to ABB and especially for one of its project group which goal is to improve the winding department. Furthermore this project group is going to plan a new layout for winding department, if they think it is necessary. My thesis is going to be good basic information during this project.</p> <p>Some of my proposals are already in use, especially in Winding department. In future some more of my improvement ideas shall be tested, carried out and developed further.</p>	
Keywords: Throughput time, Layout, Material flow	

## SISÄLLYS

### ALKULAUSE

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TYÖN TAVOITTEIDEN JA TARKENNUS</b>	<b>2</b>
2.1	Työn tavoitteet	2
2.2	Työn rajaukset	3
2.3	Yrityksen esittely	4
2.4	Staattorin valmistus	5
2.4.1	<i>Teoriaa staattorista</i>	5
2.4.2	<i>Vyyhdenvalmistus</i>	6
2.4.3	<i>Käämintä</i>	9
<b>3</b>	<b>TUOTANNON OHJAUS</b>	<b>12</b>
3.1	Tuotannon ohjauksen tarkoitus	12
3.2	Tuotannonohjaus ABB:llä	12
3.2.1	<i>Kapeikko-ohjaus</i>	12
3.2.2	<i>Kapeikko-ohjauksen toteutus ABB:llä</i>	13
3.3	Tuotannon ohjauksen parannusehdotuksia	14
<b>4</b>	<b>OSASTOJEN KARTOITUS</b>	<b>15</b>
4.1	Vyyhdenvalmistuksen kartoitus	15
4.2	Ratkaisuja vyyhdenvalmistuksen haasteisiin	17
4.3	Kääminnän kartoitus	19
4.3.1	<i>Moduulin kääminnän kartoitus</i>	19
4.3.2	<i>HX-kääminnän kartoitus</i>	19
4.4	Ratkaisuja kääminnän haasteisiin	20
4.4.1	<i>Ratkaisuja Moduulin kääminnän haasteisiin</i>	20
4.4.2	<i>Ratkaisuja HX:n kääminnän haasteisiin</i>	21
4.5	Kartoituksen yhteenveto	21
<b>5</b>	<b>TULEVAISUUDEN TAVOITTEET</b>	<b>22</b>
5.1	Vyyhdenvalmistuksen tulevaisuuden tavoitteet	23

<b>5.2</b>	<b>Kuinka saavuttaa tulevaisuuden tavoitteet vyyhdenvalmistuksessa</b>	<b>24</b>
<b>5.3</b>	<b>Kääminnän tulevaisuuden tavoitteet</b>	<b>25</b>
<b>5.4</b>	<b>Kuinka saavuttaa tulevaisuuden tavoitteet kääminnässä ?</b>	<b>25</b>
<b>5.5</b>	<b>Läpimenoaika</b>	<b>26</b>
5.5.1	<i>Läpimenoajan mittarointi</i>	26
5.5.2	<i>Läpimenoaikojen lyhentäminen</i>	26
<b>6</b>	<b>LAYOUT</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Lähtökohdat</b>	<b>28</b>
<b>6.2</b>	<b>Layoutiin vaikuttavat tekijät</b>	<b>28</b>
<b>6.3</b>	<b>Layout-ideoiden vertailua</b>	<b>29</b>
6.3.1	<i>Osastojaot pysyvät ennallaan, mutta niiden toimintaa kehitetään</i>	29
6.3.2	<i>Omat kaksi- ja nelinapaisten koneiden osasto</i>	29
6.3.3	<i>Osastot konetyypeittäin</i>	30
6.3.4	<i>Omat Micam- ja ravirataeristysosastot</i>	31
6.3.5	<i>Yhdistetyt vyyhdenvalmistukset ja kääminnät</i>	31
6.3.6	<i>Käämintä ja vyyhdenvalmistus omana osastona</i>	32
<b>6.4</b>	<b>Valitut layout-ehdotukset</b>	<b>33</b>
<b>6.5</b>	<b>Kuusi ajatteluhattua</b>	<b>33</b>
<b>6.6</b>	<b>Layoutin ideaali ajatusmalli</b>	<b>34</b>
<b>6.7</b>	<b>Layout-ehdotukset</b>	<b>35</b>
6.7.1	<i>Osastojen kehittäminen (layout 1)</i>	35
6.7.2	<i>Vyyhdenvalmistukset samassa tilassa (layout 2)</i>	37
6.7.3	<i>Vyyhdenvalmistukset samassa tilassa, Micam erikseen (layout 3)</i>	40
<b>6.8</b>	<b>Layout-ehdotusten vertailu</b>	<b>42</b>
6.8.1	<i>Layout 1 ja layout 2</i>	42
6.8.2	<i>Layout 1 ja layout 3</i>	43
6.8.3	<i>Layout 2 ja layout 3</i>	43
6.8.4	<i>Layout-valinta</i>	43
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>SUOSITUKSET</b>	<b>46</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>47</b>

## LIITTEET

<b>LIITE 1</b>	<b>Layout 1</b>
<b>LIITE 2</b>	<b>Layout 2</b>
<b>LIITE 3</b>	<b>Layout 3</b>
<b>LIITE 4</b>	<b>Moduulin kääminnän layout</b>
<b>LIITE 5</b>	<b>Paketti ja vyyhti puskuri</b>

## 1 JOHDANTO

Työ tehdään Helsingin Pitäjänmäen ABB Oy:n Sähkökoneiden tilauksesta. Tällä tehtaalla valmistetaan sähkökoneita, joihin sisältyvät sekä moottorit että generaattorit. Tyypillisimpiä sähkökoneiden käyttökohteita ovat erilaiset pumput, puhaltimet ja kompressorit. Sähkökoneiden tilauskanta on myyty loppuun jo lähes vuoden verran eteenpäin, mikä asettaa suuria paineita kehittää tuotantoa. Tästä syystä tehtaalla on käynnissä useita mittavia tuotannonkehitysprosesseja. Insinööriyössä käsitellään Induktiokoneiden vyyhden valmistuksen ja kääminnän tuotantolinjojen toimintojen kehittämistä. Lähtökohtana haetaan läpimenoajan lyhentämistä, tulevaisuuden kasvavan kuorituksen mahdollisimman kitkattoman läpimenon varmistamista sekä edellisiä tukevaa *layoutia*. Kyseessä on kaksi eri tuotelinjaa, joilla molemmilla on oma vyyhdenvalmistus ja käämintä. Nämä linjat ovat Moduuli- ja HX-linja. Moduulilinja valmistaa AMI- ja AMA- koneita ja HX- linja valmistaa HXR-koneita.

Työssä keskitytään tarkastelemaan erilaisia mahdollisuuksia laskea läpimenoaikoja, millainen olisi paras *layout* sekä miten parantaa yhteistyötä HX- ja Moduulilinnan välillä. Tämä koskee sekä vyyhdenvalmistusta että käämintä ja tarkoitus on, että ne pystyvät tarpeen vaatiessa tukemaan toisiaan omalla toiminnallaan. Edellisten pohjalta tehdään myös linjoille *layout*-tarkastelu, jonka pääpainona on kehittää *layout*, joka tukee kyseistä toimintaa mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Työssä mietitään eri vaihtoehtoja olemassa olevan kehittämisestä osastojen siirtoihin sekä vyyhdenvalmistuosastojen ja käämintäosastojen yhdistämiseen asti, sekä tutkitaan eri vaihtoehtojen etuja ja haittoja. Toimintatavat HX- ja Moduulin vyyhdenvalmistuksessa eroavat toisistaan. Myös kääminnöissä toimintatavat eroavat paljon toisistaan. Työni tarkoituksena on myös samankaltaistaa osastojen toiminta, jotta ne voisivat tukea toisiaan mahdollisimman hyvin tarpeen vaatiessa.

Haasteelliseksi työn tekee Viipurin alihankinnan tuotannon ylösajotoimenpiteet sekä se, saadaanko Viipurin toimintaa kasvatettua laaditussa aikataulussa tavoitetasolle. Viipurin alihankinta käsittää vyyhdenvalmistusta sekä käämintä.

## 2 TYÖN TAVOITTEIDEN JA TARKENNUS

### 2.1 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on kartoittaa tuotanto vyyhdenvalmistuksen ja kääminnän osalta. Kartoituksen tuloksena löytyviin tuotannon haasteisiin yritetään löytää ratkaisuja, jotta tulevaisuudessa tuleva suurempi tuotannon kuorma olisi mahdollisimman helposti tuotannollisesti toteutettavissa. Tuotannon konekapasiteettia vyyhdenvalmistuksessa käsitellään toisessa työn alla olevassa insinöörityössä, jonka tekee Markku Kallioinen. Tämän insinöörityön laskelmien pohjalta saadaan tietoa *layout*-suunnittelua varten, sillä hänen laskelmien pohjalta tehdään päätös uuden eristyskoneen hankinnasta. Osastojen kartoituksen pohjalta tutkitaan kuinka läpimenoaikoja voitaisiin lyhentää ja saada nostettua kapasiteetti hallitusti tulevaisuuden vaatimalle tasolle. Samalla tutkitaan valmiiksi ratkaisuja haasteisiin, joita kuormituksen kasvaminen tuo mukanaan. Seuraavassa luettelossa on suunniteltu viikkotason kuormitus vuoden 2008 lopussa:

- AMI: 11 kpl/viikko, joka on 30 % kasvua vuodesta 2007.
- AMA: 12 kpl/viikko, joka on 38 % kasvua vuodesta 2007.
- HXR: 30 kpl/viikko, joka on 14 % kasvua vuodesta 2007.

Työssä tutkitaan, mitä toimenpiteitä tarvitaan, jotta päästäisiin kyseisiin tavoitteisiin. Tämä tehdään kartoittamalla eristyskoneiden käyttöasteita, saantoja maksimikäyttöasteilla sekä läpimenoaikoja maksimi käyttöasteilla. Työssä tutkitaan myös henkilöstömäärien vaikutusta ja erilaisten vuoromallien vaikutusta saantoihin sekä tarpeita hankkia lisää eristyskoneita, kytkentäpaikkoja tai muita saantoja ja läpimenoaikaa edistäviä asioita. Mahdollisuuksien puitteissa kehitetään nykyisiä työtapoja työntekijälle helpommaksi ja nopeammaksi tavoitteena tehdä työvaiheet entistä toimivammaksi.

Yksi työn keskeisistä asioista on tutkia HX:n ja Moduulin vyyhtiosastojen yhdistämistä omaksi osastoksi sekä käämintäosastojen yhdistämistä omaksi osastoksi. Myös muita vaihtoehtoja tutkitaan uutta *layoutia* varten tarkoituksena selvittää, mikä luo tuotannon kannalta parhaat puitteet toimia. Kun kartoitukset ja pohjatiedon keruu saadaan valmiiksi, suunnitellaan läpimenoaika, materiaaliveirtoja ja turvallisuutta tukeva *layout*-ehdotus. *Layoutissa* pääsemme hyödyntämään paketinvalmistuksen muuton jälkeen jättämää tilaa.



Työssä tutkitaan myös kuorman rakenteen muuttumista ja sen vaikutusta läpimenoaikoihin, koneiden ja kytkentäpaikkojen tarpeeseen sekä saantoihin. Kapasiteetin nosto ja läpimenoaikojen lyhentäminen vaatii paljon ennakkoluulotonta ideointia. Näitä ideoita kysellään työntekijöiltä, osastojen työntekijöiltä sekä osastojen tuotannonkehitysinsinööreiltä. Ideoita kehitellään ja pyritään jalostamaan mahdollisimman tarkoituksenmukaiseksi. Vyyhdenvalmistuksessa tutkitaan myös erilaisia eristyskonevaihtoehtoja, saadaan kokemuksia käsieristyskoneen prototyypistä sekä tutkitaan tarkasti 5-vuoron mahdollistamia etuja.

Työssä ei ole unohdettu materiaalivirtoja. Tämän asian tiimoilta pohditaan myös miten saataisiin poistettua toimittajien materiaalipuutteet sekä niissä olevat virheet, jotka ovat aivan liian yleisiä. Edellä mainittujen asioiden takia tulee tuotantoon myöhässä olevia koneita, jotka tullessaan työnalle aiheuttavat tarpeetonta sekaannusta tuotannolle. Tuotannon ohjaus ja tasainen saanto sekä läpimenoajat kärsivät, kun tuotantoon tulee mukaan priorisoitu kone.

Talon sisäiset materiaalivirrat otetaan myös tutkinnan alle ja selvitetään olisiko olemassa järkevämpiä virtausmalleja käytössä olevien tilalle. Materiaalivirtoja tutkitaan myös turvallisuuden näkökannalta, sillä osastojen ympärillä on vilkkaita trukkiliikenneväyliä. Pyrkimyksenä on vähentää materiaalivirrat näiden kautta mahdollisimman pieneksi. Kun materiaalivirtoja saadaan järjestyneeksi, se vähentää automaattisesti ympärillä olevaa edestakaista liikennettä. Näin paranee samalla myös työturvallisuus. Myös ohjausmallia ja sen puutteita tutkitaan. Työjonon suuri haaste vyyhdenvalmistuksessa ja kääminnässä on saada tasaisempi kuormitus eri jänniteluokkien suhteen viikotasolla, jolloin ennustettavuus olisi parempi. Kuormituksen tasaisuus takaisi myös kääminnälle tasaisemman vyyhtimäärän.

## 2.2 Työn rajaukset

Tässä työssä tutkitaan, miten saada kapasiteetti HX:n ja Moduulin vyyhdenvalmistuksissa sekä kääminnöissä nostettua tulevaisuuden vaatimalle tasolle. Tästä kartoituksesta minun osaltani jää pois kone-eristyskapasiteetin tutkiminen. Markku Kallioinen tekee insinöörityönsä kone-eristyskapasiteetin kartoituksesta, ja häneltä saan laskelmien lopputulosteiden perusteella tiedon siitä, onko tarpeellista sijoittaa uuteen eristyskoneeseen.

Näissä *layouteissa* ei myöskään oteta huomioon käsieristyskoneen mahdollista siirtymistä tuotantoon. Tämä johtuu siitä, että kunnollisia testiajoja ei saada ajettua ennen työni luovutusajankohtaa. Työn lopputuloksena minulla pitää olla *layout*-hahmotelmia. Kuitenkaan yksityiskohtainen mittakaavaan piirtäminen ei kuulu enää minulle.

Tuotannon kuormitukseen vaikuttava alihankinta Viipurissa vaikuttaa osaltaan lopputyöni tuloksiin. Viipurin tuotannon *layout* ja materiaalivirrat eivät kuitenkaan kuulu lopputyöhöni vaan ainoastaan Viipurin alihankinnan vaikutusten tutkiminen tuotannon toimintaan.

Tämän työn suosituksissa ei ole ajateltu kustannuksia, vaan lähtökohtana on ollut luoda mahdollisimman optimaaliset tilat, työvälineet ja toimintatavat tuotantoa varten. Rajoituksena on näin ollen ainoastaan annetut tilat, joihin osastot on sijoitettava.

### 2.3 Yrityksen esittely

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jolla on Suomessa jo 115 vuoden mittainen kokemus alalta. ABB Oy:n liikevaihto on 1,7 miljardia euroa. Tilauksista noin 80 prosenttia menee vientiin etenkin Eurooppaan ja Amerikkaan, mutta kasvavassa määrin myös Aasiaan. ABB:n palveluksessa on 110 000 henkilöä noin 100 maassa. Suomessa ABB työllistää yli 6000 henkilöä ja ABB:n suurimmat toimipisteet suomessa sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa.

Automaatioteknologiapuolella tuotevalikoimassa on mm. sähkömoottorit, generaattorit ja robotit. Sähkövoimateknologiapuolelta löytyy jakeluun liittyvät koneet ja tarvikkeet, muuntajat, kaapelit sekä suojausmenetelmät.

ABB Oy:n viimeaikaiset panostukset tutkimukseen ja tuotekehitykseen ovat olleet yli 90 miljoonaa euroa vuodessa eli 7 % liikevaihdosta. Suomessa toimiva tutkimuskeskus on erikoistunut tuotantoprosessien kehittämiseen. [1.]

## 2.4 Staattorin valmistus

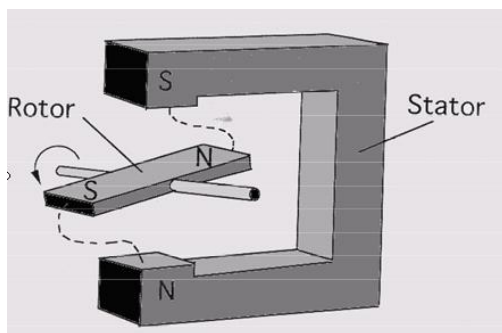
Seuraavissa kohdissa käydään läpi vyyhdenvalmistus ja käämintä vaihe vaiheelta. Samassa selvitetään, miksi asiat tehdään juuri sillä tavalla kuin ne tehdään.

### 2.4.1 Teoriaa staattorista

Staattorissa on usein kolmivaihekäämitys, missä kulkeva vaihtovirta saa koneen ilmapäliin aikaiseksi pyörivän magneettikentän. Kentän pyörimisnopeuden määrää koneen napaluku  $p$  ja syöttävän verkon taajuus  $f$ . Näiden suureiden avulla saadaan laskettua tahtinopeus seuraavalla kaavalla.

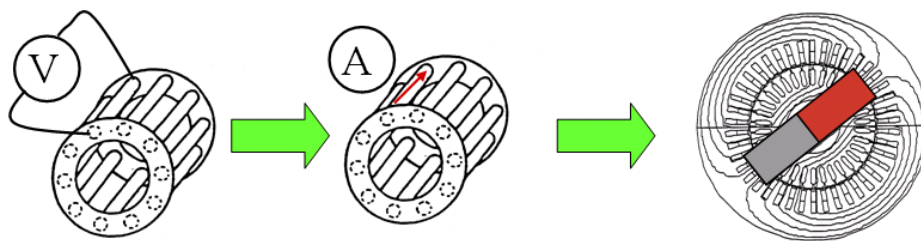
$$n_s = \frac{f}{p}$$

Pyörivä magneettikenttä indusoi roottorikäämiin vaihtovirran, joka puolestaan aiheuttaa oman magneettikenttensä koneen ilmapäliin. Näiden kahden magneettikentän välinen vuorovaikutus saa aikaan momentin. Perusperiaate on selvitettyä kuvassa 10, jossa N-napa vetää puoleensa S-napaa. Esimerkissä olisi kyse kaksinapaisen, eli yksi napaparisesta koneen periaatteesta.



Kuva 9. Staattorin ja roottorin toiminnan periaatekuva

Pyörivä magneettikenttä leikkaa roottorin johtimia, jolloin johtimiin indusoituu jännite ja roottorikäämyksen muodostamaan suljettuun virtapiiriin syntyy virtoja. Virrat pyrkivät vastustamaan magneettikentän pyörimistä roottoriin nähden, jolloin indusoituneet virrat tekevät roottorista sähkömagneetin, jota pyörivä magneettikenttä vetää perässään.



Kuva 10. Kuvaus staattorin ja roottorin toiminnasta sekä viimeisessä kuvassa 2-napaiseen koneeseen syntyvät magneettikentän vuoaallot

Käynnistyksen jälkeen roottori- ja staattorivirrat pienenevät ja roottorin pyörimisnopeus kasvaa, kunnes koneen kehittämä sähkömagneettinen momentti on pienentynyt samansuuruiseksi, kuin akselilla vaikuttava vastamomentti. Pyörimisnopeus asettuu siihen nopeuteen, missä se on saavutettuaan vastamomenttia vastaavan sähkömagneettisen momentin. [3.]

#### 2.4.2 Vyyhdenvalmistus

Vyyhdenvalmistuksessa on olemassa kaksi eri tapaa tehdä vyyhtejä. Nämä tavat ovat ravirata-tekniikka ja perinteinen-tekniikka. Seuraavassa on selvitettyä nämä vaiheet ja niiden erot alkaen ravirata-tekniikasta.



Kuva 1

Kuva 2

Kuva 3

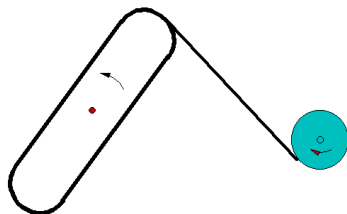
Kuva 4



Kuva 5

Kuva 1. Kuvasarjan kuvassa 1 on kelattu eristämätön vyyhtiaihiio, kuvassa 2 kone-eristetty vyyhtiaihiio, kuvassa 3 käsieristetty vyyhtiaihiio, kuvassa 4 kavennettu vyyhti ja kuvassa 5 on levitetty vyyhtiaihiio

Vyyhdin valmistus aloitetaan kelaamalla muotokuparilangasta vyyhtiaihio. Jo kelauksesta lähtien vaaditaan suurta tarkkuutta, jotta vyyhdestä tulisi laadullisesti hyviä. Kelaaja joutuu kelausnopeuden ja jarruvoiman avulla etsimään sopivan suhteen, jolla vyyhdeistä saadaan sopivan tiukkoja.

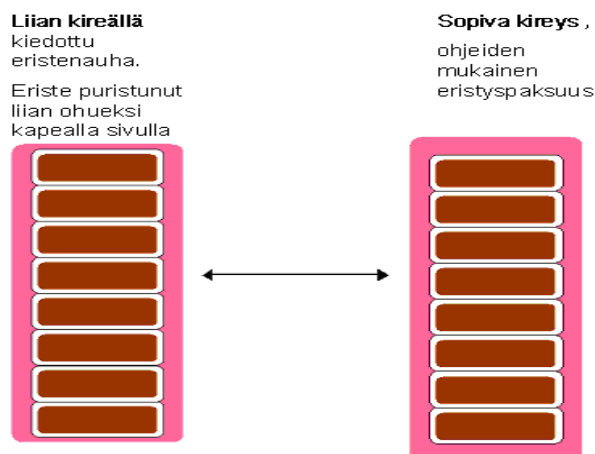


*Kuva 2. Kelauksen periaatekuva, jossa sininen ympyrä tarkoittaa kuparikelaa ja ravidan muotoinen osa vyyhtiaihiota*

Kelauksen jälkeen menee raviratapuolen vyyhtiaihio kone-eristykseen. Kone-eristyksessä eristetään vyyhden suora osa ja vyyhden niin sanottu umpipää. Kone-eristyksessä on tarkkaa saada eristysnauhojen limitykset sovittujen toleranssien sisällä kohdilleen. Tämän lisäksi on eristenauha saatava sopivan tiukalle ja eristenauhan oikeanlainen laskeutuminen ilman ryppyjä on erittäin tarkkaa.

Mikäli eristenauha on rypyllä, on suuri vaara, että eristeet repeävät kääminnä vyyhtien uraan laiton yhteydessä. Kone-eristyksessä käytetään kahta erilaista eristenauhaa riippuen koneen jänniteluokasta sekä lisäksi puolijohdavaa nauhaa konetyypistä riippuen.

Kone-eristyksessä naputellaan myös tarpeen vaatiessa vyyhden kuparilangat samaan linjaan, jotta kääminnä olisi mahdollista asettaa vyyhti uraan. Kone-eristyksen jälkeen vyyhdet eristetään käsin vyyhden kytkentäpäistä sekä umpipäästä, mikäli sinne vaaditaan lisäeristeitä. Kytkentäpäähän eristyksessä eristetään myös ulosotot laittamalla niihin huppilot. Käsieristyksessä eroavaisuutena saman koneen sisällä on vaihevälivyyhdet, joilla on omat vaateensa eristyksessä. Kun vyyhtiaihio on kokonaisuudessaan eristetty, se siirtyy seuraavaan vaiheeseen, jossa vyyhtiaihio saa lopullisen muotonsa.



*Kuva 3. Tässä kuvassa näkyy poikkileikkauksena ruskealla kupari langat, ja punaisena johdineristenauhakerrokset, kireän eristeen elinikä ennuste on 6 vuotta, ja sopivan kireyden elinikäennuste 20 vuotta*

Ennen levitystä vyyhtiaihio kavennetaan kavennuskoneessa, jotta se saadaan asetettua levityskoneeseen. Tämän jälkeen vyyhti levitetään levityskoneessa lopulliseen muotoonsa, jossa vyyhtiaihio aikanaan asetetaan staattoripaketin uraan. Levityksessä vaihevälivyyhdet levitetään hieman eri tavalla kuin muut vyyhdet.

Vyyhdenvalmistuksessa levitys on kriittisimpiä työvaiheita, sillä levityksessä muotoutuu vyyhden muoto. Samalla pitää varmistaa, että vyyhtien ilmapälit toteutuvat käämittäessä. Levityksen jälkeen on vyyhdellä edessä vielä syökyäaltokeistus. Mikäli mitään häiriötä ei havaita, ovat vyyhdet valmiita käämittäväksi.

Ravirata tekniikan lisäksi käytettävissä on Micam-tekniikka. Sitä kutsutaan perinteiseksi vyyhdenvalmistustekniikaksi. Micam-tekniikalla vyyhdenvalmistus vaiheet poikkeavat ravirata tekniikasta, mutta lopputuloksena on samanlainen vyyhtiaihio kuin ravirata tekniikassa. Ravirata tekniikka on suositeltavampi nopeutensa takia, mutta tiettyjen ehtojen tullessa täytetyksi on vyyhti mahdoton tehdä ravirata tekniikalla. Vyyhdet on tehtävä Micam-tekniikalla, kun vyyhden nipun korkeus ylittää 40 mm. Tällöin ravirata tekniikalla koneeristyksessä eristenaumat eivät enää laskeudu laadullisesti riittävän hyvin vyyhden pintaan.

Micam-tekniikalla vyyhti kelataan alusta pitäen saman muotoon mihin kavennuskone puristaa ravirata vyyhden. Tämän jälkeen molemmat päät sidotaan käsin, minkä jälkeen vyyhti levitetään. Vyyhtien eristämistä jatketaan,

kun vyyhti on saanut jo lopullisen muotonsa. Levityksen jälkeen tapahtuu käsieristys vyyhden umpipäähän sekä kytkentäpäähän. Micam-tekniikassa kone-eristys tapahtuu viimeisenä eli kun vyyhden päät on eristetty, ne siirtyvät kone-eristykseen.

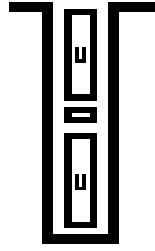
Kone-eristyksen jälkeen on vuorossa syöksyaaltokoestus. Kun vyyhdet on todettu koestuksessa laadullisesti hyväksi, ovat ne valmiita käämittäviksi. Syöksyaaltokoestuksessa mitataan eristysvastuksia. Tämän koestuksen tarkoituksena on saada poimittua mahdolliset virheelliset vyyhdet pois tuotannosta. Tässä koestuksessa löydetään myös lankavälipalot, eli päällekkäin olevien johdinten väliset palot, jotka useimmiten johtuvat alihankinnan virheestä johdineristeessä. [3.]

### 2.4.3 Käämintä

Kun vyyhti on levitetty ja staattoripaketti valmis, käämintä voidaan aloittaa. Käämintä aloitetaan laittamalla staattoripaketti pyörityspöydälle, jossa tarkastetaan staattoripaketin urat mahdollisten urassa huonosti olevien peltien varalta ja laitetaan vyyhdet staattoripaketin uriin. Ennen uraan laittoa pitää kytkentäkaavio selvittää työkortista. Tästä nähdään missä järjestyksessä vyyhdet pitää laittaa uriin, missä ja miten koneen vaiheet ovat koneessa, lämpöelementtien paikat, urien numerot ja nostokorvien paikat.

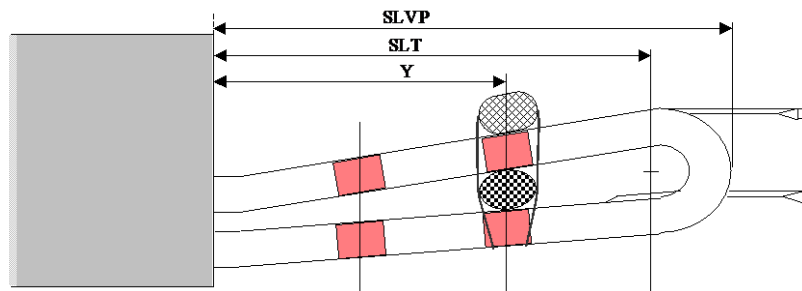
Vyyhdet laitetaan uraan työkortissa määritetyllä askelvälillä limittäin siten, että vyyhden toinen suora osa on pohja, mikä tarkoittaa, että tämä reuna laitetaan staattoripaketin uran pohjaan. Toinen suora osa on pinta, mikä tarkoittaa, että tämä suora osa tulee toisen vyyhden pohjaosan päälle. Jos askelväli on 8, tulee pintasivu kahdeksanteen uraan katsottuna pohjasivusta.

Jokainen vyyhtiryhmä alkaa vaihevälivyyhdellä. Selkeyden vuoksi myös vyyhtien asettaminen aloitetaan vyyhtiryhmän ensimmäisellä vyyhdellä, eli vaihevälivyyhdellä. Samalla, kun vyyhtejä on laitettu uraan, laitetaan myös välitäytteet sekä lämpötilaelementit oikeille paikoille käämintäkaavion mukaisesti. Kuva 4 selventää asiaa.



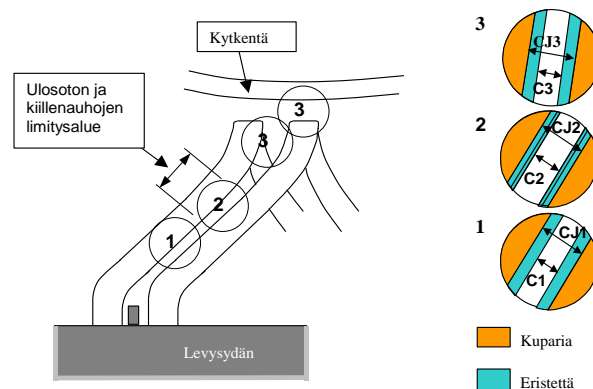
Kuva 4. Tässä kuvattuna staattoripaketin ura, jossa on päällekkäin vyyhden pohja U ja pinta U sekä välissä on välitäyte

Vyyhtien uraan laitton aikana laitetaan vyyhtien päiden tasojen väliin välirengas. Välirengaan paksuus valitaan aina mahdollisimman isoksi siten, että se puristuu hieman kasaan. Välirengaan ja vyyhtien väliin ei koskaan saa jäädä rakoa eli nämä sidotaan yhteen. Välirengas ja tukirengas puristuvat vyyhden päitä vasten sidontavaiheessa. Yhdessä ne tukipalarivien kanssa kyllästyksen jälkeen tukevat käämityn staattoripaketin päitä. Välirengas tulee vyyhti-en lenkkien väliin ja tukirengas vyyhtien lenkkien ulkopuolelle.



Kuva 5. Kuvassa näkyy vyyhden lenkin sisällä oleva välirengas ja vyyhden ulkopinnalla oleva tukirengas

Samalla kun uraan laitto etenee, tulee seurata vyyhtien päiden ilmaeristysvälejä, jotta nämä välit eivät mene liian pieniksi.



Kuva 6. Kuva havainnollistaa ilmaeristysvälien toteutumista vyyhtien lenkkien välillä niiden ulos tulevien lenkinpäiden osalta



Edellisessä kuvassa, jossa havainnollistuu ilmaeristysvälien sijainnit, näkyvät ilmaeristysmatkat C1, C2 ja C3. Nämä ilmaeristysvälit on määritetty konekohtaisesti. Kun vyyhdet on saatu uraan, laitetaan vielä urakiilat. Urakiilojen tarkoituksena on varmistaa, että vyyhdet ovat uran pohjassa ja pitää ne tiukasti paikoillaan.

Ilmaeristysvälien toteutuminen varmistetaan käyttämällä tukipaloja. Yleensä tukipalarivejä on kaksi ja tukirenkaita yksi. Toinen tukipalarivi tulee tuki- ja välirenkaan kohdalle ja toinen mahdollisimman lähelle levypakettia vyyhdensivun suoralle osalle siten, että tukipala on kokonaan vyyhdensivujen välissä. Ilmaeristysvälien toteutuminen on erittäin tärkeää, sillä ilma toimii suurimpana eristeenä valmiissa koneessa. Kun staattoripakettiin on laitettu kaikki vyyhdet, urakiilat, tukirenkaat ja välirenkaat, se koestetaan.



*Kuva 7. Kääminnän tärkeitä vaiheita vasemmalta oikealle lukien, uraanlaitto, juottaminen ja kytkennän tuenta*

Tämän jälkeen juotetaan vyyhtiryhmän sisäiset liitokset toisiinsa siten, että edellisen vyyhdin ulompi ulosotto ja seuraavan vyyhdin sisempi ulosotto ovat parit. Sen jälkeen vyyhtiryhmät yhdistetään toisiinsa väliyhdisteillä. Juotokseen käytetään hopealankaa. Juotetut päät eristetään eristepaperilla sekä lasisukalla. Lopuksi yhteen juotetut päät taivutetaan vyyhtien päiden väliin.

Seuraavaksi tehdään kytkentä. Aluksi katsotaan työkortista, miten koneen vyyhtiryhmät on tarkoitus kytkeä eri ulostuloille ja miten samanvaiheiset vyyhtiryhmät kytketään keskenään yhteen. Kytkeä tehdään työkortin ohjeistuksen mukaan. Kytkenässä käytetään limiliitoksia, joilla juotetaan johdot toisiinsa. Nämä osat eristetään eristeputkella ja pintanauhalla. Alla olevassa kuvassa 8 on kuvattu limiliitos.



*Kuva 8. Limiliitos*

Tämän jälkeen tehdään tuenta kytkentälangoille tasaisin välimatkoin tukipaloilla, jolla varmistetaan ilmavälien pysyminen kyllästyksessä sekä kytkennän tukevuus. Kun kytkennät on saatu tehtyä, staattori koestetaan laadun varmistamiseksi. Koestuksen jälkeen staattori tyhjiökyllästetään hartsilla. Hartsaamisen tarkoitus on kovettaa staattori kestäväksi, ja parantaa eristykseen pitävyyttä. Kyllästyksen jälkeen staattorille tehdään vielä yksi koestus. Mikäli staattori läpäisee tämän testin, on se valmis kokoonpanon käytettäväksi. [3.]

### 3 TUOTANNON OHJAUS

Tuotannonohjauksessa selostetaan ABB:n konetehtaan käyttämän kapeikko-ohjauksen teoria sekä selostetaan kapeikko-ohjauksen toteutus ABB:llä.

#### 3.1 Tuotannon ohjauksen tarkoitus

Tuotannonohjaus on menettelytapa, jolla yritys pyrkii ohjaamaan tuotantoa. Yritykset käyttävät tuotannonohjausta pystyäkseen valmistamaan tilatut tuotteet, ja täyttämään sovitut vaatimukset. Tämä sisältää vaaditun tuotteiden laadun, määrän ja toimitusajan. Tuotannon ohjaukseen kuuluu myös tuotannon ajoittaminen, varastojen valvonta, alihankinnan kontrollointi, tuotantokapasiteetin mahdollisimman tehokas hyödyntäminen, tuotantoa tukeva *layout* sekä järkevät materiaalivirrat. Tuotannonohjauksen tarkoituksena on lyhyesti sanottuna toteuttaa yrityksen laatimaa tuotantostrategiaa. [3.]

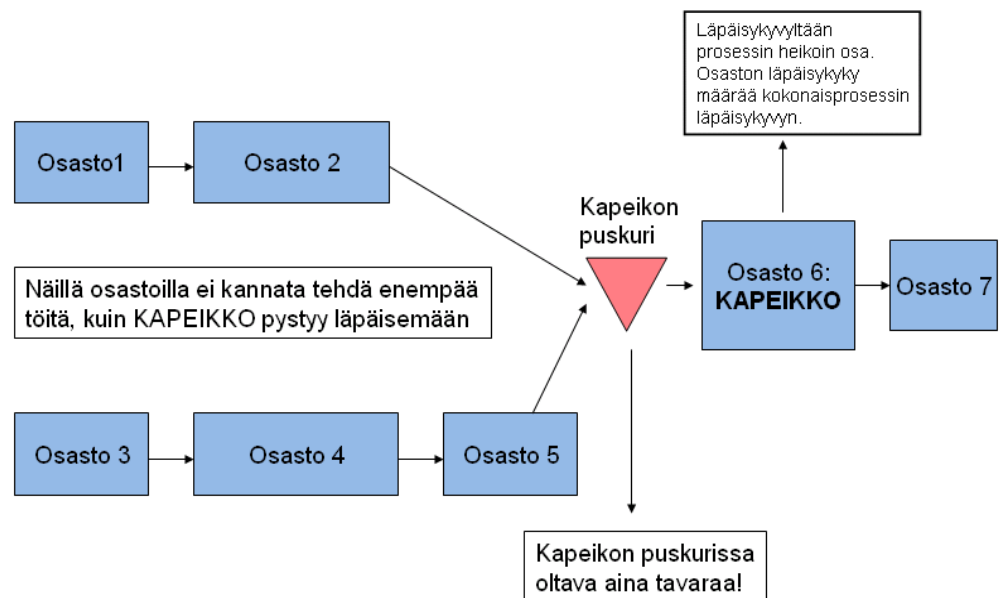
#### 3.2 Tuotannonohjaus ABB:llä

##### 3.2.1 Kapeikko-ohjaus

Kapeikko-ohjaus perustuu viiteen eri perusvaiheeseen:

1. Tunnista kapeikko.
2. Tehosta kapeikon toiminta.
3. Järjestä muu toiminta tukemaan kapeikkoa.
4. Avarra kapeikko.
5. Paranna jatkuvasti.

Kapeikko tunnistetaan tutkimalla, missä on suurin määrä tavaraa odottamassa. Ohjauksen perustana käytettävä kapeikko on luonnollisesti tuotannossa siinä kohdassa, jossa pääosa komponenteista risteää. Kapeikon tunnistaminen on ensisijaisen tärkeää järjestelmän hallittavuuden takia. Kapeikon on oltava hallittavissa, sillä jos kapeikko hallitsee järjestelmää, toimintaan tulee herkästi häiriöitä ja ongelmia. Kapeikon löydyttyä tehostetaan kapeikon toimintaa. Kapeikon jokaista osa-alueelta ja työvaihetta hiotaan mahdollisimman toimivaksi. Seuraavaksi järjestetään koko muu järjestelmä tukemaan kapeikon toimintaa. Kapeikon tullessa jälleen toimivaksi tulee jostakin toisesta kohdasta uusi kapeikko, eli siirrytään kohtaan, jossa on tämän jälkeen suurin määrä tavaraa odottamassa.



Kuva 11. Kapeikko-ohjauksen kaaviokuva

Kapeikko-ohjaukseen kuuluu ajatus jatkuvasta parantamisesta. Jatkuvan parantamisen takaamiseksi tätä prosessia ei pysäytetä siihen, kun on saatu kapeikko toimimaan. Kun edellinen kapeikko on saatu toimimaan, löytyy jostakin osasta tuotantoa uusi pahin kapeikko. Kun tämä kapeikko on tunnistettu, aloitetaan sama prosessi tämän uuden kapeikon tehostamiseksi. [3.]

### 3.2.2 Kapeikko-ohjauksen toteutus ABB:llä

Koska kapeikko on sopimuskysymys, on ABB:llä induktiokoneiden kapeikoksi sovittu kokoonpano. Kokoonpano on paikka, jossa pääosa komponenteista kohtaa. Tästä syystä tuotannon ohjauksen tarkoitus on pitää kokoonpanon edessä tarpeeksi suuri puskurivarasto.

Alkupään tuotanto on valjastettu aloituslupakäytännöllä toimimaan kokoonpanon tahtiin. Kun kokoonpano kuittaa koneen kokoonpanon aloitetuksi, staattoreita ja roottoreita valmistavat yksiköt saavat aloitusluvan, ja näin ol-  
len sisäinen keskeneräinen tuotannon määrä pysyy vakiona. Tämä varmis-  
taa sen että tuotanto tekee työtä todelliseen tarpeeseen, sovitun kapeikon,  
kokoonpanon tahdissa. Komponenttien kohtaaminen kokoonpanossa on  
varmistettu käyttämällä myös alkupään tuotannossa tekemisjärjestyksenä  
kokoonpanon työjonoa.

Apuna ABB:llä on ohjelma nimeltään KET-mittari, jossa näkyy kaikki kes-  
keneräiset työt. Tämän avulla voidaan reagoida läpi prosessin, mikäli jossa-  
kin työssä on ongelmia esim. alihankintaosien kanssa. Tästä mittarista voi-  
daan seurata myös osastokohtaisesti, mitkä työt ovat työn alla ja mitkä työt  
ovat puskurissa ennen seuraavaa vaihetta.

Mikäli kapeikko siirtyy muualle kokoonpanosta, puhutaan vaeltavasta pullon-  
kaulasta. Näin käydessä pyritään poistamaan pullonkaula osaston ongelmat  
ja palauttamaan kapeikko määritettyyn paikkaan, kokoonpanoon. [3.]

### **3.3 Tuotannon ohjauksen parannusehdotuksia**

Tämänhetkinen tuotannonohjaus ei takaa tasaista kuormaa vyyhdenvalmis-  
tuksessa eikä kääminnässä. Tuotannonohjauksessa pitäisi ottaa paremmin  
huomioon eri jänniteluokkien aiheuttamat eripituiset läpimenoajat kummalla-  
kin osastolla. Tällä saataisiin aikaan tasaisempi kuormitus molemmille osas-  
toille, ja ennustettavuus paranisi.

Moduulikoneissa vyyhdenvalmistuksessa huomattavasti pidemmän läpi-  
menoajan vaativat Micam-vyyhdet pitäisi ottaa työjonoon sijoittamisessa pa-  
remmin huomioon. Mikäli niitä on sijoitettu valmistettavaksi useita koneita  
viikossa, on niiden valmistumisen pitkittymiseen erittäin suuri riski. Tämä joh-  
tuu rajatusta kone-eristyskapasiteetista, ja Micam-vyyhtien vaativuudesta  
tuotannossa. Useat peräkkäiset Micam-koneet ovat tuotannollinen riski, joka  
johtaa pahimmassa tapauksessa koneiden myöhästymiseen ja mahdollisiin  
myöhästymissakkoihin. Tuotannon ohjauksessa pitäisi huomioida myös sik –  
sak-vyyhdet, 10 kV:n konesarjat, ex-koneet, roottorin tikstrooppinen kylläs-  
tys, API-tyyppiset erikoishionnat ja AML-konesarjat.

Myös sellainen kuormituksen ajatusmalli, jossa lasketaan koneita viikkoa kohti, on erittäin haastava vyyhdenvalmistukselle ja kääminnälle johtuen koneiden uralukujen suuressa vaihtelussa 48 - 128 kpl välillä / kone. Sata vyyhteä ei mene tuotannossa läpi yhtä nopeasti kuin viisikymmentä, puhuttiinpa vyyhdenvalmistuksesta tai kääminnästä.

## 4 OSASTOJEN KARTOITUS

Perushaasteena sekä vyyhdenvalmistuksessa että kääminnässä on epätasainen kuorma. Eri jänniteluokat menevät läpi kummallakin osastolla eri ajassa. Kääminnässä tämä ongelma kertaantuu. Jos vyyhdenvalmistuksessa ei saada valmistettua tasaisessa tahdissa vyyhtejä, niin kääminnästä loppuvat työt. Yleistettynä voidaan sanoa että koneet, jotka ovat helppoja ja nopeita vyyhdenvalmistukselle, ovat vaikeita kääminnälle. Poikkeuksiakin kuitenkin löytyy johtuen välillä eteen tulevista erikoiskytkennöistä.

Myynti, osto ja suunnittelu luovat omalta osaltaan haasteita tuotannolle, sillä välillä tuotantoon tulee työnalle koneita, joita ei periaatteessa voida käytössä olevilla laitteilla tehdä. Tästä esimerkkinä on seuraavanlainen kone. Koneen vyyhdet on tarkoitus kelata kymmenlankaiseksi, kun tuotannossa on kelauskoneessa maksimissaan kuudelle kelalle paikat. Kyseinen työ on myös lähes mahdoton käämiä ohjeistuksen mukaan, johtuen kymmenlankaisen vyyhden nipun paksuudesta, joka vaikeuttaa kuparin käsittelyä kääminnässä. Oston tuomat haasteet liittyvät useimmiten liian pieniin kuparitulauksiin. Aina pakostakin jäävää hukkakuparia ei ole otettu huomioon tilattaessa kuparia.

### 4.1 Vyyhdenvalmistuksen kartoitus

Vyyhdenvalmistukselle on ollut aika-ajoin ongelmallista raaka-aineiden kuten kuparin puuttuminen tai niiden saapuminen eri järjestyksessä kuin työjono velvoittaisi töitä aloittamaan. Kupareissa on tämän lisäksi ollut jonkin verran laatuongelmia johdineristeissä ja niitä on kelattu huonosti keloille. Välillä kuparit saapuvat kyllä ajallaan, mutta niiden mitat eivät ole määriteltyjen rajojen sisällä tai kuparia on saapunut liian vähän.

Myös eristysnauhoissa on ollut paljon ongelmia, jotka ovat hidastaneet tuotantoa. Eristenauhat ovat olleet välillä liimaisia ja niissä olevat rullan sielut, eli muoviset sisäosat ovat usein sivussa. Sielujen ollessa sivussa on koneeristys erittäin haastavaa ja limitysongelmat alkavat tällöin välittömästi. Limitysongelmien kanssa taistelu on aikaa vievää. Joudutaan tekemään koneiden säätöä ja pahimmillaan purkamaan eristeet vyyhdeistä johtuen limitysheitoista. Limitysten kanssa on oltava tarkka, jotta saadaan laadullisesti hyviä ja kestäviä vyyhtejä aikaiseksi. Limitysheitot hidastavat siis tuotantoa huomattavasti.

Alihankintana teetetään myös vyyhdin eristystä. Näiden vyyhtien kanssa on ollut välillä ongelmia, ja vyyhdet on jouduttu palauttamaan korjauksia varten, jolloin koneet ovat myöhästyneet alkuperäisestä suunnitelmasta. Alihankinta pidentää koneiden läpimenoaikaa, mutta vastaavasti vapauttaa konekapasiteettiä.

Vyyhdenvalmistus osastojen erityisenä haasteena ovat olleet uudet eristyskoneet, jotka ovat olleet välillä rikki enemmän kuin kunnossa ja näiden ongelmien korjaus koneiden toimittajien kanssa on sujunut nihkeästi. Micam-koneissa vaikeutena ovat varaosien pitkät toimitusajat. Myös tilan puute on suuri ongelma. Tilaongelmaa ovat lisänneet staattoripakettien ja vyyhtien kohtaamisongelmat kääminnän edessä. Tällöin vyyhdet jäävät osastolle roikkumaan siksi aikaa, kunnes kyseisen koneen staattoripaketti on valmis ja kone saadaan käämintään.

Kelauksessa ongelmana on aika-ajoin vyyhtien pussiintuminen, eli vyyhtiä ei saada kelattua tarpeeksi tiukalle. Tämä johtuu osittain vaikeasti kelattavasta kuparin profiilista, vyyhdin pitkästä kelausmitasta, osittain kelauskoneen jarruista, sekä kelaajien ammattitaidosta.

Suurena ja erittäin vakavana asiana esille pitää ottaa vyyhdenvalmistajien ammattitauti, rannekanava-ahtauma, joka syntyy kun käsieristyksessä käytetään lihaksia joita ei yleensä muuten käytetä. Nämä lihakset kehittyvät, ja samalla kasvavat, jolloin ne tekevät rannekanavat ahtaiksi. Tällöin jänteet liikkuvat pahimmillaan puristuksissa muodostaen suuren kitkan rannekanavaan. Tämän hankauman ja kitkan vaikutuksesta hermot kuolevat pikkuhiljaa. Aluksi tämä ilmenee käsien puutumisena varsinkin öisin ja myöhemmin kovana särkynä. Riittävän pitkälle kehittyessään tähän ei auta kuin leikkaus.

Vyyhdenvalmistus on haastava kauttaaltaan ajatellen työergonomiaa. Tämä johtuen jopa 30 kiloa painavista vyyhdeistä, joiden kahden hengen nostoon ei ole joka tilanteessa mahdollisuuksia. Tämä aiheuttaa selkä- ja hartiavaivoja, mikäli ei kiinnitetä huomiota oikeisiin nostotekniikoihin.

#### 4.2 Ratkaisuja vyyhdenvalmistuksen haasteisiin

- toimittajien ja alihankkijoiden parempi kontrollointi
- ennakkohuollot ja kattavampi käyttäjäkunnossapito
- varaosien saatavuuden takaaminen
- työnjohdon tiedonkulun parantaminen
- koneiden päivittäminen ajan tasalle
- työntekijöiden innostaminen työolojen ja tapojen kehittämiseen
- työergonomian parantaminen apulaitteilla
- koulutus.

Raaka-aineostoista vastaavien ihmisten pitäisi kiinnittää enemmän huomiota toimittajiin, ja valvoa heidän tekemisiään. Toimittajasopimukset pitäisi laatia siten, että toimittajan olisi pakko sitoa tarpeellinen määrä kapasiteetistaan ABB:n tarpeisiin. Tämä toteutettaisiin esim. tarpeeksi suurilla myöhästymissakoilla. Raaka-ainetoimittajien laatuongelmiinkin pitäisi reagoida vakavammin, vaatia parempia ja tarkempia tarkastuksia jo toimittajalta. Jos muu ei auta, voitaisiin lähettää joku toimittajalle valvomaan tuotannon laatua, ja opastamaan, kunnes vaadittava laatu toteutuu.

Koneiden rikkoutumista voitaisiin yleisesti ottaen estää osittain kattavimmilla ennakkohuolloilla ja kattavammalla käyttäjä kunnossapidolla. Tämä auttaisi erityisesti Moduulipuolen ongelmaa, koskien Micam-koneita, ja sen varaosien pitkiä toimitusaikoja. Mikäli ennakkohuoltoja ja kuntokartoituksia tehtäisiin useammin, voitaisiin hyvissä ajoin tilata varaosat, jolloin ei tulisi tilanteita, jossa koneiden toiminta on vaakalaudalla varaosien puutteen vuoksi. Myös uudet eristyskoneet ovat olleet usein rikki johtuen ongelmista, joita on tullut eteen vasta tuotantokäytössä. Näitä ongelmia korjataan jatkuvasti ja ne

vähenevätkin kaiken aikaa päivitysten edetessä. Tämä kaikki syö kuitenkin koneajo aikaa sekä koneen käyttöastetta ja olisi ollut mahdollisesti vältettävissä paremmilla testiajoilla ennen koneen hyväksymistä tuotantoon.

Tilaongelmaa saadaan korjattua työnjohtajien vielä entistä paremmalla keskinäisellä tiedonkululla, jolloin staattoripaketit ja vyyhdet kohtaavat paremmin kääminnässä. Tämän myötä sisäistä keskeneräistä tuotantoa ei syntyisi, jolloin ei myöskään osastoilla olisi tilaa vieviä valmiita vyyhtejä tuotannon tiellä. Tilaongelmaan on tulossa mahdollisesti helpotusta myös paketinvalmistuksen vanhoihin tiloihin kaavaillusta vyyhtien säilytystilasta. Tähän tilaan on tarkoitus siirtää vyyhdenvalmistuksessa oleva vyyhtien kuivauskoppi.

Kelauksessa tapahtuvaa vyyhtien pussiintumista, joka on eristystä vaikeuttava tekijä ja laadullisesti huolestuttava asia, voidaan poistaa kehittämällä nykyisiin kelauskoneisiin automaattijarrut. Parempi vaihtoehto olisi vaihtaa kelauskoneita uudempiin versioihin, joista nykypäivänä löytyy jo valmiiksi automaattijarrut. Myös kelaajien lisäkoulutus auttaa tässä asiassa. Moduulipuolen vanhempi kelauskone olisi myös hyvä uusia, sillä säätöyrityksistä huolimatta sillä kelaaminen on erittäin nykivää.

Myös rannekanava-ahtauman poistoon on panostettu ja siihen panostetaan jatkuvasti. Fysioterapeutin kanssa olemme tutkineet, miten voitaisiin mahdollisimman hyvällä työergonomialla vähentää rannekanava-ahtauman riskiä tuotannossa. Käsieristystä on muutenkin yritetty kehittää ja ensimmäinen prototyyppi käsieristyskoneesta on tulossa tuotantoon testiajoon. Tältä käsieristyskoneelta odotetaan paljon tuotannon tehostumisen suhteen, sekä rannekanava-ahtauman saamisen riskin suhteen. Käsieristyskoneen tarkoitus on vähentää käsin tehtävän eristuksen määrää huomattavasti. Myös nostoissa työergonomiaa kehitetään koko ajan. Fysioterapeutti käy tuotannon työntekijöiden parissa säännöllisesti opastamassa oikeita otteita ja asentoja sekä käsieristyksessä että nostoissa.

Asioita tutkiessani eteen tuli työntekijöiltä muutamia ideoita miten parantaa läpimenoaikaa ja tuotannon oloja yleisellä tasolla. Eristyskoneiden käyttöastetta saadaan parannettua käyttämällä tauottajia ruokatuntien ajan. Eristyskoneilla työskentelyä saataisiin myös tehokkaammaksi, jos käytettäisiin vähemmän nauhan jatkoksia ja jämäruullia ei tarvitsisi ajaa niin loppuun asti kuin ohjeistetaan. Tätä on kokeiltu käytännössäkin, ja esimerkiksi



matalajännitteisiä vyyhtejä saataisiin läpi yhdessä vuorossa 10 - 15 kappaletta enemmän kuin vyyhtejä, joissa tarvitaan jatkoksia. Tämän myötä myös laatu paranisi, sillä aina riskialttiit eristenuhaliitokset vähenisivät.

Myös sidonta- ja lenkitysmallien pohjat on hankittu muovisina, jotka kestävät paremmin kuin ennen käytetyt vanhat pahviset pohjat. Muoviset mallipohjat eivät myöskään kulu kärjestä, jolloin eristysrajojen heittoja ei tule enää ainaakaan tämän takia. Näiden mallien perusteella tapahtuu käsieristys.

### **4.3 Kääminnän kartoitus**

#### *4.3.1 Moduulin kääminnän kartoitus*

Moduulipuolella kääminnässä on välillä vaikeuksia tehdä kaikkia koneita jonojärjestyksessä. Tämä johtuu vyyhtien ja pakettien kohtaamisongelmista sekä koneiden epätasaisesta kuormasta käämintään kuluvaan aikaan verrattuna. Koska koneiden käämintäaika vaihtelee 20 - 120 tunnin välillä, niin vaikeille 120 tunnin koneille ei ole aina tarpeeksi kytkentäpaikkoja, kun välillä tämän tyyppiset koneet tulevat suurissa ryppäissä työnalle. Kyseisiin koneisiin tarvittaisiin myös työtapojen kehitystä, johtuen raskaista vyyhdeistä, jotka painavat parhaimmillaan jopa 30 kiloa. Tämä paino tekee asian haastavaksi työergonomian kannalta varsinkin uraan laitto vaiheessa.

Myös levitettyjen vyyhtien laatu käämittävyyden kannalta on laskenut. Hankalaksi mainittiin myös ilmaohjainkone, joka työllistää paljon. Ilmaohjainkoneen tarkoitus on pitää huovat paikoillaan kyllästyksen ajan. Ilmaohjainkoneen laitto vie noin kaksi tuntia, ja kyllästyksen jälkeen irroitus ja putsaus tunnista eteenpäin.

#### *4.3.2 HX-kääminnän kartoitus*

HX-kääminnässä pystytään tekemään vain kahta AMA-konetta samaan aikaan, johtuen pyöritysvanteiden vähyydestä. HX:ssä ei ole myöskään mahdollista tehdä 560:siä koneita, sillä kyseisille töille tarvittavia vanteita ei ole. Myös HX:n kääminnässä on ongelmia kuormituksen epätasaisuudesta samalla tavalla kuin moduulin kääminnässä.

Materiaalivirrat HX:n kääminnystä kyllästämöön ovat huonot, sillä käämintä on kaukana kyllästämöstä ja tämä lisää trukkiliikennettä huomattavasti, mikä on aina riski turvallisuudelle. HX-kääminnän työvuorot ovat tasavahvoja, joten lisää koneita saadaan läpi vain lisäämällä uusia työpisteitä tai parantamalla yhteistyötä Moduulin kääminnän kanssa.

#### **4.4 Ratkaisuja kääminnän haasteisiin**

##### *4.4.1 Ratkaisuja Moduulin kääminnän haasteisiin*

- tasavahvuiset työvuorot
- työergonomian parantaminen apulaitteilla
- koulutus
- kytkentäpaikkojen lisähankinnat.

Moduulipuolen kääminnän haasteet jonojärjestyksessä tekemisen suhteen on jossain määrin ratkaistavissa työvuorojärjestelyillä. Tällöin yövuorotkin olisivat vahvemmin miehitettyjä nykyisen yhden työparin lisäksi, jotta juuri kyseisten pitkän ajan koneiden kaikki kytkentäpaikat (4 kpl) olisivat mahdollisimman hyvin käytössä vuorokauden ympäri. Tulevaisuuden näkymissä vaikeasti käämittävien koneiden määrä on kuitenkin kasvussa, joten kahden lisäkytkentäpaikan ja induktiokuumentimen hankkiminen lienee jossain vaiheessa edessä, jotta kyseiset työt eivät kasaannu ja jonojärjestys voitaisiin pitää.

Työergonomiaan voidaan puuttua keskustelemalla osaston kehitysinsinöörin kanssa. Heidän kautta voidaan laittaa alulle kyseistä työvaihetta helpottavien työvälineiden kehittäminen ja hankinta.

Levityksen laadun heikkenemiseen lienee ollut syynä uusien levittäjien kouluttaminen tehtävään. Levityksen laatua voidaan parantaa lisäkoulutuksella ja paremmalla yhteistyöllä käämijöiden sekä tuotannon tukitiimin kanssa. Ilmaohjainkoneen parantaminen tai korvaaminen jollain toisella keinolla on mahdollista miettiä tuotannonkehityksen kanssa.

Vyyhtien ja pakettien kohtaavuusongelmaa voidaan parantaa tehostamalla kyseisten alueiden työnjohtajien kanssakäymistä. Itse työjonon korjailu tilanteen mukaan suuremmassa mittakaavassa on lähes mahdotonta.

Jos staattorin teon aikaistaisi kuukaudella, olisi se varastoituna valmiina kuukauden. Tämä taas kasvattaisi varastosaldon, ja sitoi rahaa. Kaava olisi tämä, sillä toimituspäivät on sovittu jo tilausta tehtäessä. Paras ratkaisu olisi tehostaa vyyhdenvalmistusta siten, että eri jänniteluokat eivät vaikuta läpimenoaikoihin.

#### 4.4.2 Ratkaisuja HX:n kääminnän haasteisiin

- pyörityspöytien ja kytkentäpaikkojen lisähankinnat
- osaston siirto lähemmäksi kyllästämöä.

Hankitaan HX:n käämintään lisää pyörityspöytiä AMA-koneita varten johtuen HX:n kasvavasta AMA-kuormasta Viipurin alihankinnan tehdessä enenevässä määrin HX-staattoreita. Hankitaan mieluiten pyörityspöytiä kuin vanteita siksi, että ne ovat turvallisempia käyttää kuin vanteet. Hankitaan vanteet myös 560:lle koneille, niin mahdollistetaan kyseisten koneiden käämintä myös HX-kääminnässä.

HX:n käämintä olisi mahdollista siirtää moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin, josta staattorit voitaisiin rullarataa pitkin siirtää suoraan kyllästytykseen, jolloin työturvallisuus paranisi. Tämän myötä jäisi paljon trukkiliikennettä pois muutenkin vilkkailta pääkäytäviltä. Jonojärjestyksen tuomat ongelmat ratkeavat HX:n kääminnässä vain lisäämällä kytkentäpaikkoja, sillä vuorot ovat jo valmiiksi tasaiset, eivätkä koneet seiso tuotannossa turhaan työvuorojärjestelyjen takia.

#### 4.5 Kartoituksen yhteenveto

Kartoituksessa selvisi, että vyyhdenvalmistus on aika-ajoin pullonkaulana staattorin valmistuksessa. Vyyhdenvalmistuksen suurimpina haasteina on kone-eristyskapasiteetti, kyseisten koneiden kunto, sekä osaavien kone-eristyskuskien puute kattavasti kaikissa vuoroissa. Kone-eristyskapasiteetin puute tulevaisuudessa on laskennallisesti todettu Markku Kallioisen insinöörityössä. Aika-ajoin myös käsieristys on mahdollinen pullonkaula staattorin valmistuksessa. Alihankinnan laatu on aika-ajoin vaihtelevaa, kuten myös toimittajien epävarmuus niin itse raaka-aineissa kuin niiden laadussa. Tulevaisuutta ajatellen vyyhdenvalmistuksen kehittäminen tulee olemaan yksi avainasioista kuormituksen kasvaessa.

Kääminnän tilanne on astetta parempi. Koneita saadaan tehtyä niin paljon kun vyyhtejä ja staattoripaketteja niihin pystytään valmistamaan. Vuoroissa on vielä tilaa uusille työntekijöille, joka mahdollistaa suuremman konemäärän läpimenon, sekä mahdollisuuden lyhentää läpimenoaikaa.

KytKentäpaikkojen hankkiminen moduulipuolelle, ja käämintäosastojen tiiviimmällä yhteistyöllä sekä töiden jakamisella saadaan varmasti aikaan näkyviä tuloksia. KytKentäpaikkojen hankkimisen tarkoitus on näin ollen tukea molempia käämintöjä.

## 5 TULEVAISUUDEN TAVOITTEET

Vuodelle 2008 on asetettu seuraavat tavoitteet. Tavoitteena on nostaa PI:n luovutusten määrää 150 000 000 euroon, ja luoda puitteet läpimenoajan lyhentämiselle. Tuoteperhekohtaiset budjetoidut luvut ovat 517 AMI, 564 AMA, sekä 1 410 kappaletta HXR. Tarkkoja lukemia ei ole vielä olemassa, sillä vuosi 2008 ei ole vielä kokonaan loppuunmyyty, joten luvut ovat vain arvioituja lukuja. Osa HXR moottoreiden staattoreista on määrä tehdä Viipurissa.

Vyyhdenvalmistuksessa ja kääminnässä on tulevaisuudessa kovia tavoitteita. Vuonna 2008 koneiden lukumäärä muutu Pitäjänmäen konetehtaalla tehtävissä koneissa huomattavasti. Muutos on 1 850 kappaleesta arviolta 2 232 kappaleeseen. Tämä tarkoittaa vyyhtien lukumäärällistä nousua noin 25 000 kappaleella vuodesta 2007, nousten lukemaan 142 927. Vuonna 2009 vyyhtien lukumäärä tulee olemaan 165 000 kappaleen tienoilla. [4.]

Viipurin tehdas ottaa tehtäväkseen entistä enemmän koneita ja vuoden 2008 lopussa Viipurista oletetaan tulevan noin 15 konetta viikossa. Koska Viipurissa tehdään HXR-koneita, jää Pitäjänmäen tehtäväksi entistä enemmän AMA- ja AMI-koneita. AMA:n ja AMI:n keskimääräinen uraluku on keskimääräisesti suurempi kuin HXR-koneissa. Myös vyyhtien koko ja tämän myötä paino ovat keskimäärin suurempia kuin HXR:ssä. Näiden tuomat vaikutukset ovat suuria läpimenoaikoihin sekä näiden töiden vaatimiin työlaitteisiin. Näiden lukemien toteuttaminen on haasteellinen tehtävä tuotannolle, ja eteen tulevia mahdollisia ongelmia ratkaisuihin pitää miettiä mahdollisimman hyvin etukäteen. [3.]

## 5.1 Vyyhdenvalmistuksen tulevaisuuden tavoitteet

Vyyhdenvalmistuksen haasteista suurin tulee olemaan koneeristyskapasiteetin rajallisuus. Micam-vyyhtien sekä vaikeiden AMI-vyyhtien määrä kasvaa vuonna 2008. Viipurin ottaessa valmistettavakseen 15 HXR-konetta, muuttuu Pitäjänmäen vyyhdenvalmistuksen seuraavanlaiseksi. Keskimääräiset konekohtaiset kuormat vuonna 2008 Pitäjänmäellä ovat 11 AMA-konetta, 11 AMI-konetta ja 15 HXR-konetta viikossa.

Koska Viipurin tehdas on vasta alkuvaiheessa, sen tuottavuutta on varsin vaikea arvioida tarkasti tai sitä, miten nopeasti sen tuotantomäärät tulevat kehittymään ennustusten tasalle. 15 konetta viikossa on mielestäni liian optimistinen tavoite jo siinäkin suhteessa, että Viipurin tehdas pyörii vain kahdessa vuorossa, ja vyyhdenvalmistuksen käytössä on vain kaksi koneeristyskonetta. Käytössä olevalla ajalla tulee kokemuksieni mukaan olemaan erittäin tiukkaa saada tehtyä edes vyyhdenvalmistuksessa nopeimpia, matalan jänniteluokan koneita vaadittu määrä. Tarkoitus kuitenkin on, että Viipurissa tehtäisiin jänniteluokasta riippumatta ennustettu 15 konetta viikko. Tällöin eristyskonekapasiteetti on suunniteltuun konemäärään verrattuna aivan liian pieni.

Mikäli Viipurissa ei päästä tavoite konemäärään, joudutaan puuttuva konemäärä tekemään Suomessa. Tämän joustavuuden mahdollistaminen tulee olemaan myös yksi niistä asioista, joita pitää ajatella tulevaisuuden suunnitelmia tehtäessä. Vuoden 2008 kuorma voi heitellä HXR moottorien osalta, ja tulee väkisin heittelemäänkin johtuen Viipurin tehtaan kehityksestä ja rajanylityksen aiheuttamista ongelmista.

Tavoitteena on myös läpimenoajan lyhentäminen ja tahtiajan saaminen mahdollisimman samankaltaiseksi jänniteluokasta riippumatta. Näiden ansiosta säästyy rahaa, kun raaka-aineisiin sidottua rahaa ei tarvitse sitoa niin pitkäksi aikaa tuotantolinjoille. Tahtiaikojen samankaltaistaminen taas helpottaisi koneiden valmistuksen ennustettavuutta ja takaa kääminnälle paremmin ja tasaisemmin töitä. Vyyhdet valmistuvat usein käämintään sykleinä siten, että alkuvuikosta on paljon käämittäviä koneita, ja niiden tulo hiipuu viikon loppua kohden. Alkuvuikon suuremmat konemäärät johtuvat viikonloppuvuoroista sekä ylitöistä. Tämä tuo suuria haasteita kääminnälle, sillä alkuvuikosta on kova kiire eikä loppuvuikosta ole töitä.

## 5.2 Kuinka saavuttaa tulevaisuuden tavoitteet vyyhdenvalmistuksessa

Vyyhdenvalmistuksen osalta edellä mainituista suurimman haasteen tuo tahtiajan samankaltaistaminen ja läpimenoajan lyhentäminen. Eristyskoneet ovat tällä hetkellä vyyhdenvalmistuksen suurin pullonkaula. Markku Kallioisen insinööriyössä on laskennallisesti tutkittu ja määritetty koneeristyskapasiteetin riittävyttä.

Kuormituksen kasvaessa tulevaisuudessa tulee eristyskoneiden hankkiminen olemaan avainasioita, jotta kyseisiin tavoitteisiin voitaisiin päästä. Silloin kun eristyskoneista löytyy ylikapasiteettia, sitä voidaan jakaa erityisesti korkeajännitteisille koneille sopivasti siten, että saadaan näiden läpimenoaika lyhennettyä. Tällöin saadaan kaksi asiaa korjattua parempaan suuntaan.

Samalla kun läpimenoaika lyhenee korkeajännitteisissä koneissa, saadaan näiden koneiden tahtiaika lähemmäs matalajännitteisien koneiden tahtiaikaa ja näin mahdollistetaan tasaisempi kuormitus kääminnälle. Kelaus ei ole pullonkaula, mutta tämän hetken kelauskoneista ainakin yksi pitäisi uusia ja automaattijarrujen lisäys olemassa oleviin koneisiin parantaisi vyyhtiaihoiden laatua.

Asioita, joihin ei vielä osata ottaa kantaa, on Micam- ja käsieristyskoneet. Näissä on jo tällä hetkellä olemassa kehitysprojektit. Micam-koneiden päivitysten mukanaan tuomaa koneajon tehostumista on mahdotonta ennustaa ennen kuin päivitys on tehty ja koneajoajat töihin on uudelleen kelloitettu.

Toinen asia on käsieristyskone. Kehitteillä on olemassa käsieristyskoneen prototyyppi, mutta sillä ei ole suoritettu vielä yhtään koeajoa, jolloin on mahdotonta ottaa kantaa, kuinka käyttökelpoinen se on tai tuleeko se ylipäänsä ikinä tuotantokäyttöön. Käsieristyskoneessa olisi se hyvä puoli, että se vähentää vyyhdenvalmistajien ammattitautia, rannekanavaoireyhtymän muodostumista, ja näin ollen parantaa työoloja. Mikäli käsieristyskone on nopea käyttää, vähentää se osaltaan läpimenoaika ja nostaa saantoa.

### 5.3 Kääminnän tulevaisuuden tavoitteet

Tulevaisuus tulee olemaan haastava myös kääminnän osalta. Kun kääminnästä osa tehdään Viipurissa, muuttaa se kääminnän kuormaa huomattavasti. Tarkoituksena on saada käämittyä enemmän AMA- ja AMI-koneita kuin ennen, johtuen HXR- kuorman tippumisesta. Kääminnän tarkastuksessa tulee kuitenkin pysymään koko konekuorma tarkastettavana, sillä Viipurin koneet tarkastetaan ABB:llä ennen kyllästystä.

Koska konekuorma muuttuu vaativampaan suuntaan, tulee ongelmaksi vaativien ja pitkäkestoisten koneiden kytkentäpaikkojen vähyys. Kun tähän vielä lisätään läpimenoajan lyhennykseen tähtäävät toimenpiteet, ovat haasteet vuodelle 2008 mittavat. Myös kääminnän puolella joudutaan varautumaan ja miettimään, millä saadaan tehtyä osa Viipurin kääminnälle tarkoitetuista koneista, mikäli Viipurin ylösajo ei toteudu aikataulussa.

### 5.4 Kuinka saavuttaa tulevaisuuden tavoitteet kääminnässä ?

Kääminnässä päästään pitkälle jo opettamalla nykyisiä HX:n käämijöitä käämimään AMA- ja AMI-koneita, ja Modulin käämijöitä opettamalla käämimään HXR-koneita. Tällä päästäisiin parempaan käämijöiden liikkuvuuteen osastojen välillä, ja näin pystyttäisiin tukemaan toista osastoa kun tarve vaatii. Tämä opastus on tulossa väkisinkin eteen ainakin HX:n käämijöillä, sillä heidän on tarkoitus ottaa Viipurissa tehtävien HXR-koneiden tilalle AMA-koneita. Yleisen osaamistason lisääminen kääminnässä toisi työntekijöille vaihtelevampia koneita, jolloin mielenkiinto työtä kohtaan pysyisi paremmalla tasolla. Samalla työjonon sanelemat kuormituspiikit olisi helpompi tasoittaa, kun töitä voitaisiin jakaa molemmille käämintäosastoille tasaisesti. Jos modulin käämintään hankittaisiin kytkentäpaikkoja lisää, voitaisiin tällöin helpottaa varmasti molempien käämintöjen kuormituspiikkejä nimenomaan isojen koneiden osalta.

Kytkentäpaikkojen vähyyttä voitaisiin kompensoida lyhentämällä läpimenoaika vaativissa koneissa, joiden kääminen kestää jopa yli sata tuntia. Tämä onnistuisi vahvistamalla Moduulipuolen yövuoroa nykyisestä yhdestä parista neljään pariin johtuen isojen koneiden kytkentäpaikkojen määrästä, joita on neljä. Tällöin vaikeasti käämittävien koneiden suman iskiessä voitaisiin käämiä neljää konetta samanaikaisesti ympäri vuorokauden nykyisen 16 h / vuorokausi sijaan. Mikäli ristiin koulutusta tehtäisiin voisi HX:n puolen

käämijöitä olla tästä neljästä parista osa, johtuen siitä, että HX:n kääminnäs-  
sä yövuorot ovat jo valmiiksi vahvempia kuin moduulin puolella. Myös kaksi  
kytkentäpaikkaa olisi mahdollista sijoittaa Moduulin käämintään. Se tasoittai-  
si loputkin kuormituspiikit, ja antaisi hyvät lähtökohdat pitemmällä aikavälillä  
kuormituksen kasvaessa saada tehtyä tarvittavat määrät koneita.

## 5.5 Läpimenoaika

### 5.5.1 *Läpimenoajan mittarointi*

Läpimenoajan lyhentäminen on olennainen osa vuoden 2008 suunnitelmia.  
Näitä aikoja on vaikea mittaroida tarkasti menneiltä vuosilta, sillä vasta vuo-  
den 2008 alussa mittarointi muuttui konekohtaiseksi. Aiemmin vyyhdenväl-  
mistuksessa tehtiin konesarjoja, joissa oli parhaimmillaan neljä konetta, ja  
tämä konesarja kuittaantui kerralla valmiiksi. Ongelmana oli kuitenkin se, et-  
tä jokaiselle koneelle läpimenoajaksi tuli se aika, joka meni ensimmäisestä  
työlle leimautumisesta siihen, kun viimeinen työllä olija leimautui toiselle työl-  
le, eli pois työltä. Tämä tarkoittaa sitä, että ajaksi tuli jokaiselle koneelle se  
aika, joka meni yhteensä neljän koneen tekemiseen. Viime vuonna konesar-  
jojen keskiarvo oli 1,5 konetta, joten heitto läpimenoajoissa on oleellinen.

Työntekijöiden opettaminen tarkempaan leimauskäytäntöön, ja työpäivän  
päätteeksi työltä poisleimautuminen ovat tarkentaneet aikoja todellisemmik-  
si. Työltä poisleimautumisella päivän päätteeksi poistetaan turhat läpi-  
menoajan pidennykset esimerkiksi sairausloman ajalta. Jos työn tekijä on lei-  
mautuneena työlle sairausloman ajan, ja vasta sieltä palatessaan leimautuu  
toiselle työlle, katkaisee mittaristo läpimenoajan vasta sillä hetkellä, kun  
poisleimautuminen tapahtuu, vaikka kone olisi muuten ollut valmis aikai-  
semmin. Myös koneiden valmiiksi kuittaaminen on tärkeää tehdä sääntillisesti  
silloin, kuin se oikeasti valmistuu.

### 5.5.2 *Läpimenoaikojen lyhentäminen*

Kun mittaristoa saadaan tarkennettua, päästään käsiksi tarkempaan dataan  
läpimenoajoissa. Tämän avulla voidaan seurata miten hyvin osastot toimivat.  
Läpimenoaikaa voidaan staattorinvalmistuksessa lyhentää eniten vyyhdenväl-  
mistuksessa. Tämä lähtee liikkeelle ajattelutavan muutoksesta. Vieläkin  
osittain vallalla olevan ajattelutavan mukaan osaston sisälle rakennetaan  
vaiheiden välille puskureita tasoittamaan konerikkojen ja muiden ongelmien  
vaikutuksia tuotantoon. Näin taataan työn jatkuminen ongelmatilanteissa.



Läpimenoajan kannalta tämä on erittäin huono ratkaisu, sillä työt odottavat keskeneräisenä osastolla ilman että niille tehdään jalostavaa työtä. Läpimenoaika pitenee huomattavan paljon, kun tämä tapahtuu jokaisessa vaiheessa.

Läpimenoaikaa saadaan vähennettyä kun tehdään samaa työtä monessa eri vaiheessa samaan aikaan, eikä vain yksi vaihe kerrallaan. Tämä ajatusmalli pitää istuttaa osaston jokaiseen työntekijään. Tällöin varsinkin kelaajilla on suuri rooli läpimenoajan hallinnassa. Heidän pitää osata katsoa milloin on oikea hetki aloittaa uuden työn kelaus, jotta se ei jää turhaan odottamaan pääsyä kone-eristykseen. Eli uuden työn aloittamisen oikea ajoitus on tärkeä. Tämän kaltaisen ajattelumallin ylläpitäminen toimivana vaati myös työjohdolta ison panoksen.

Läpimenoaikoja saadaan vähennettyä huomattavasti, mikäli pystyttäisiin jakamaan konekapasiteettia entistä tehokkaammin. Tämä taas vaati ylimääräistä konekapasiteettia, jota voidaan käyttää aina tarpeen vaatiessa, sekä työjohdolta suunnitelmallisuutta. Varsinkin korkeajännitteisissä vyyhdeissä tulevat konekapasiteetin jaon hyödyt selvästi esiin johtuen niiden pitkästä kone-eristys ajasta. Kääminnässä läpimenoaikojen lyhentäminen on vaikeampaa, varsinkin HX- kääminnässä, missä vuorot ovat tasavahvoja. Moduulipuolella saadaan läpimenoaikaa vähennettyä lisäämällä yövuoron vahvuutta. Kääminnän läpimenoaikoja voidaankin vähentää vain pitkän käämintäajan vaativissa koneissa, sillä usein kone voidaan käämiä yhdessä vuorossa. Kääminnässä ei voi myöskään tehdä eri vaiheita samaan aikaan, vaan vaihe pitää suorittaa loppuun asti ennen kuin voidaan siirtyä seuraavaan.

## 6 LAYOUT

*Layoutin* suunnittelun perustana ovat ajatukset läpimenoajan lyhentämisestä, järkevistä materiaalivirroista, työturvallisuuden parantamisesta ja sen pitää olla tulevaisuuden kuormituksen läpimenoa tukeva. *layout*-ideoista otetaan tarkempaan tutkintaan kolme parasta, ja niistä piirretään *layout*-ehdotus, sekä kaavaillaan niihin tuotantoa tukevat materiaalivirrat. Jokaisesta *layout*-ehdotuksesta tutkitaan hyvät ja huonot puolet.

## 6.1 Lähtökohdat

*Layout*-suunnittelun tiimoilta on pidetty erilaisia palavereita, haastateltiin eri osastoiden työntekijöitä, työnjohtajia, valmistuspäälliköitä sekä kyseisien osastojen tuotannonkehitysinsinöörejä. Tämän lisäksi on aloitettu projekti, joka kartoittaa vyyhdenvalmistuksen tilannetta ja jonka yksi päätarkoitus on saada läpimenoaikaa lyhennettyä. Näiden palaverien ja haastatteluiden lomassa on tullut erinäköisiä vaihtoehtoja osastojaosta, solumuodostelmista sekä osastoiden fyysisestä sijainnista. Nämä ehdotukset on koottu seuraavaan listaan.

- Osastojaot pysyvät ennallaan, mutta niiden toimintaa kehitetään.
- Kaksi- ja nelinapaisia koneita tehtäisiin yhdellä osastolla, loput toisella osastolla.
- Tehdään osastot konetyypeittäin, jolloin osastoina olisi: AMI-, AMA-, HXR-osasto.
- Jaetaan vyyhdenvalmistus Micam-osastoon ja ravirata-osastoon.
- Vyyhdenvalmistus yhdistetään ja käämintä yhdistetään. Siirretään Moduulin vyyhdenvalmistus ja HX- käämintä toistensa tiloihin.
- Osasto jako pysyy samana, mutta siirretään Moduulin vyyhdenvalmistus ja HX- käämintä toistensa tiloihin.
- Siirretään HX:n ja Moduulin ravirataeristyskoneet ja kelaus HX:n tiloihin. Jätetään Micam-eristyskoneet ja yksi kelauskone Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin. HX-käämintä siirtyy Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin.
- Muodostetaan osastot, joissa käämintä ja vyyhdenvalmistus muodostavat yhdessä yhden osaston. HX:lle ja Moduulille omat osastot.

## 6.2 Layoutiin vaikuttavat tekijät

On olemassa tiettyjä tekijöitä, jotka vaikuttavat *layoutin* suunnitteluun. Yksi eniten rajoittava tekijä on vanhan rakennuksen aiheuttamat rajoitteet. Näihin rajoitteisiin kuuluu sokkeloiset, ja paikoitellen ahtaat tilat. Kaavaillessani eri mahdollisuuksia sijoittaa eri osastoja uudelleen vastaan tuli myös lattiarakenteet. Moduulin kääminnän on pysyttävä paikoillaan johtuen lattiarakenteista. Vaihtoehtoisilla sijoituspaikoilla on alakerrassa toimitiloja, ja välissä oleva lattia taso ei ole välttämättä tarpeeksi paksu, jotta voitaisiin tehdä Moduulin kääminnän laitteiden vaatimia upotuksia lattiaan, jolloin ei saada tiloista tehtyä optimaalisia.

Kupareiden varaston siirtyminen Juvanmalmille vaikuttaa suoraan kuparin varastohyllyjen tarpeeseen. Tarkoituksena on saada tarkastettua kuparit Juvanmalmilla ja lähettää ne ABB:lle, vasta kun kyseinen työ menee tuotantoon.

Vyyhdenvalmistuksessa tulee olemaan jatkossakin yhteensä kuusi ravirataeristyskoneita. Kuudesta koneesta yksi siirretään Viipurin tuotannon käyttöön. Markku Kallioisen insinööriyön laskelmien perusteella on kuitenkin havaittu, että tuotanto tarvitsee kuusi konetta jatkossakin selvitäkseen nousevan kuormitusasteen haasteista. Näiden laskelmien perusteella on Induktiokoneiden vyyhdenvalmistukseen tilattu uusi ravirataeristyskone, jolle on myös löydettävä hyvä sijoituspaikka.

### 6.3 *Layout-ideoiden vertailua*

Tässä osiossa käydään lävitse hieman tarkemmin *layout*-ehdotuksia ja tutkitaan niiden etuja ja haittoja.

#### 6.3.1 *Osastojaot pysyvät ennallaan, mutta niiden toimintaa kehitetään*

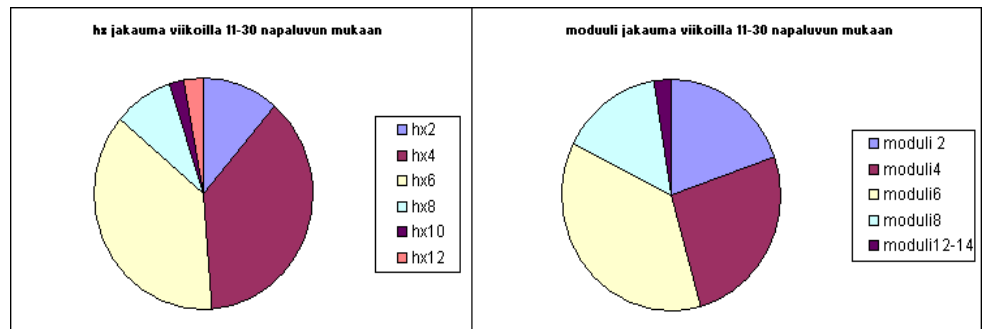
Tämä olisi ratkaisuna halvimmasta päästä, ja mielestäni erittäin hyvä ratkaisu, kunnes saadaan tuloksia käsieristyskoneen tulevasta merkityksestä tuotantoon. Myös osastojen koot saataisiin pidettyä nykyisellään, jolloin osaston hallittavuus on helpompi. Tiettyihin ehdotuksiin (oma Micam-osasto) verrattuna saataisiin pidettyä paremmin työnkiertoa yllä, varsinkin moduulipuolella, jossa valmistetaan Micam-vyyhtejä.

Tilan puutteeseen ei saada kuitenkaan ratkaisua tällä menetelmällä ja joudumme yhä kuormittamaan jo valmiiksi erittäin ruuhkaisia trukkipäylyjä. Pitkällä aikavälillä tämä ei ole kestävä ratkaisu kuormitustason noustessa. Vyyhdenvalmistuksen ylityöprosentit alkuvuodesta kertovat tilanteesta, jossa ei normaalilla viikkovuorolla pystytä pysymään aikataulussa.

#### 6.3.2 *Omat kaksi- ja nelinapaisten koneiden osasto*

Kaksi- ja nelinapaisten koneet ovat vyyhdenvalmistuksessa niitä koneita, joita joudutaan useimmiten tekemään micam-tekniikalla. Nämä koneet ovat myös usein kääminnäissä haasteellisia.

Tuomas Jokisen tekemien laskelmien mukaan nämä konetyypit ovat lähes tarkalleen puolet koko kuormituksesta. Peilattaessa vuodelta 2007 otettuun otokseen viikoilta 11 - 30 nähdään todellinen jakautuma Tuomas Jokisen tekemistä diagrammeista. Näistä diagrammeista on eroteltuna erikseen Moduulin ja HX:n tekemät työt napaluvuittain.



Kuva 12. Vuoden 2007 viikoilta 11 – 30 otettu otos koneista napaluvuittain eriteltynä moduulipuoli ja HX erikseen

Tämä on samantyyppinen jaottelu, kun käytössä oleva HX- ja moduuliosastot. Mielestäni tulevaisuudessa tulisi päästä jaottelun suomista rajoitteista, ja panostaa moni osaamiseen, jolloin kuormituksen vaihtelun tuomat haasteet olisi helpommin ratkaistavissa. Tämä ratkaisu ei muuttaisi mitään tuotannon joustavuuden kannalta, vaan olisi entisen kaltainen ratkaisu erilaisella jaotellulla.

### 6.3.3 Osastot konetyypeittäin

Tässä lähtökohtaisena ideana olisi omat AMA-, AMI- ja HXR-linjat, joissa osastot tekisivät aina vain tietyn konetyypin koneita. Tämä idea olisi hyvä, jos kaikkia konetyyppejä tulisi tasaisemmin tuotantoon. Koneet ja konetyypit tulevat tuotantoon vaihtelevan tilauskannan mukaisesti. Tämä johtuu siitä, että päivämäärä, jona koneet luovutetaan asiakkaalle, määrittää aina sen, milloin tämä tietty kone lähtee tuotantoon.

Tuotannon jonojärjestyksen määräämät koneet tulevat tuotantoon tämän takia joskus pitkinäkin samanlaisina konesarjoina. Tämä tarkoittaa sitä, että jaettuna vyyhdenvalmistus ja käämintä konetyypeittäin omiksi osastoiksi, ei joka osastolle löydy työtä tasaisesti. Myös tilat rajoittavat vielä kolmannen linjan luomista nykyisen kahden rinnalle.

#### 6.3.4 *Omat Micam- ja ravirataeristysosastot*

Tämäntapainen idea on jo käytössä. Ideana on vain että Micam-tuotanto on sijoitettu Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin, ja toimii yhtenä soluna osaston sisällä. Mikäli Micam olisi oma osastonsa, vähentäisi se työnkiertoa Moduulin vyyhdenvalmistuksessa huomattavasti. Tämä tulisi nostamaan rannekanavaoireyhtymän entistä suuremmaksi ongelmaksi, sillä käytössä on vain kaksi eristyskonetta Micamille. Kaikki muut tällä osastolla joutuisivat kärsi eristämään. Micam-vyyhdet vaativat paljon käsi eristystyövoimaa, joten vaikka konekuskeja vaihdettaisiin joka päivä, olisi työnkierto liian pientä.

Työntekijät eivät ole myöskään kovin halukkaita tekemään pelkästään Micam-vyyhtejä, johtuen jo pelkästään niiden suuresta koosta sekä painosta, joka on useimmiten 20 – 25 kiloa. Tämä rajaaminen kaventaisi myös työntekijöiden moni osaamista, jos osa ei pääsisi tekemisiin raviratavyyhtien kanssa eikä osa tekisi Micam-vyyhtejä.

#### 6.3.5 *Yhdistetyt vyyhdenvalmistukset ja kääminnät*

Tässä on taustaideana moniosaaminen niin vyyhdenvalmistuksessa kuin kääminnässä. Tässä ideassa suurimpia muutoksia olisi HX-kääminnän siirtyminen Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin, ja Moduulin vyyhdenvalmistuksen siirtyminen HX-kääminnän tiloihin.

Tämän jälkeen rikottaisiin linjojen rajat siten että olisi enää Induktiokoneiden vyyhdenvalmistus ja Induktiokoneiden käämintä. Samaa muuttoideaa on käsitelty myös ilman osastojen yhdistymistä, jolloin toisen osaston tukeminen kuitenkin helpottuu, ja saataisiin joka tapauksessa järjeistettyä materiaalivirtoja.

Yhdistetyt vyyhdenvalmistus osastot olisivat joka vuorossa vahvasti miehitettyjä. Koneiden määrä mahdollistaisi hyvin konekapasiteetin jakamista, joka lyhentäisi läpimenoaikaa. Moniosaaminen lisääntyisi, kun HX:n vyyhdenvalmistuksen työntekijät pääsisivät tekemään Micam-vyyhtejä päivittäin, ja työnkiertoon olisi paremmat mahdollisuudet. Joka tapauksessa osastoiden sijoittaminen fyysisesti lähekkäin auttaisi niitä tukemaan toisiaan tarpeen vaatiessa nykyistä paremmin.

Osastojen yhdistymisen suhteen ongelmia tuottaa iso osastokoko, jolloin osasto on vaikeampi hallita, vaikka osaltaan ongelmia saataisiin kitkettyä pienentämällä urakkaryhmiä. Myös henkilökemiat voivat olla hankaloittava tekijä. Tämän lisäksi työtavat pitää saada yhtenäisiksi ennen yhdistymistä.

Käämintöjen yhdistyminen ja vierekkäin muutto lopettaisi kinailun siitä, kummalle linjalle tulee paketteja ja vyyhtejä, eikä tarvitsisi vaihtaa töitä osastolta toiselle. Myös kääminnässä osaaminen laajenisi, ja päästäisiin käämimään erilaisia koneita.

Viipurin kääminnän vaikutukset olisi helpompi tasata, sillä HX:n on alettava käämimään enemmän AMA-koneita. Tällöin työpari voisi olla se, jolta löytyy tieto, taito ja tuki koneen käämintään. Myös erillisinä osastoina tämä toimisi hyvin ja järkeistäisi materiaalivirtoja entisestään. Trukkiliikennettä olisi HX-kääminnästä kyllästyksen. Yksi mahdollisuus olisi myös siirtää HX:n kääminnän tarkastus siten, että saataisiin yhdistettyä rullaradat toisiinsa, ja molempien osastoiden käämityt staattorit siirtyisivät sitä pitkin kyllästyksen.

Ratkaisuna tämä on varmasti kallein, sillä HX-kääminnän siirtäminen ei ole halpaa. Siitä huolimatta tämä vaihtoehto on otettu yhdeksi niistä, joista piirretään uusi *layout* ja materiaalivirrat suunnitellaan uusiksi. Miinuksena on vyyhtien pakollinen siirtely vyyhdenvalmistuksesta käämintään.

#### 6.3.6 Käämintä ja vyyhdenvalmistus omana osastona

Tässä ratkaisussa on taustalla M3-linjan ratkaisu, jossa käämijät osaavat kaikkea. M3-linja on pieni, mutta erittäin toimiva, ja sen läpimenoaika on erittäin lyhyt. Tämä perustuu siihen, että kääminnän loputtua käämijät tulevat auttamaan vyyhdenvalmistuksessa ja jatkavat käämimistä kun seuraavan koneen vyyhdet on käämintäkunnossa. Mielestäni tämä on kuitenkin enemmän rakenteellinen ratkaisu kuin *layoutillinen*.

Kävin itse tutustumassa M3-linjan toimintaan, ja tämä on ehdottomasti tarkemman tutkimisen arvoinen kohde ja ajatusmaailma, mitä olisi hyvä käyttää enemmän myös HX- ja Moduulilinjoilla.

## 6.4 Valitut *layout*-ehdotukset

Yhdeksi ehdotukseksi nousi vyyhdenvalmistuksien siirtäminen samaan tilaan, jolloin HX-käämintä muuttaisi Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin. *Layoutillisesti* on tämän jälkeen sama, olisivatko osastot yhdistettyjä vai erillisiä. Tärkein asia olisi mahdollisuus konekapasiteetin parempaan jakomahdollisuuteen.

Toinen *layout*-hahmotelma tehdään nykytilan parantamisesta. Tämä antaa lisäaikaa käsieristyskoneen kunnolliseen tutkimiseen tuotantokäytössä. Käsieristyskone on kooltaan iso ja vaatii paljon työskentelytilaa ympärilleen. Sen sijoituspaikka tuotannossa olisi kelauksen ja kone-eristyksen välissä. Tämän takia ei välttämättä vielä kannata lähteä radikaaleihin ja kalliisiin *layout*-muutoksien tekemiseen, sillä jos käsieristyskone tulee tuotantoon, menee *layout* vyyhdenvalmistusten osalta uusiksi.

Pieni odottelu mahdollistaisi Viipurin ylösajon seuraamista vähän pidemmälle, jolloin nähtäisiin, miten kääminnän kuormitus tulee muuttumaan tämän myötä. Samalla nähtäisiin, onko kääminnöiden yhdistäminen järkevää työtilanteen kannalta, tarvitaanko HXR-koneille niin paljon käämijöitä ja kasvako AMI- ja AMA-kuorma entisestään. Myös isojen pyörityspöytien ja kytkentäpaikkojen tarve on mahdollisesti vielä entisestään kasvussa tämän myötä.

Kolmas vaihtoehto on Micam-linjan jättäminen Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin. Myös HX-käämintä muuttaisi Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin ja muut osat Moduulin vyyhdenvalmistuksesta muuttaisi HX-kääminnän tiloihin. Micamista ei muodostuisi omaa osastoa, vaan se olisi yhä osa vyyhdenvalmistusta, mutta materiaalivirtojen kannalta tämä olisi hyvä asia jos lähtökohtana pidetään sitä, että levityskoneet pysyvät samoilla osastoilla kuin ennenkin.

## 6.5 Kuusi ajatteluhattua

Vyyhdenvalmistuksen ja kääminnän yhdistäminen on ajatus, joka on jo pitkään ollut tapetilla. Tämä on nostattanut paljon eri mielipiteitä puolesta ja vastaan johtuen muutoksen radikaalisuudesta. Valmistuspäällikkö Sari Honkosen toimesta järjestettiin ulkopuolisen konsultin vetämä palaveri, joka perustui kuuden ajatteluhatun periaatteeseen. Konsultin avulla käytiin lävitse tähän liittyviä asioita.

Nämä kuusi ajatteluhattua ovat:

1. Valkoinen hattu - asioiden ajattelu objektiivisesti
2. Punainen hattu - tunteet ja intuitiot asiasta
3. Musta hattu - asian riskit ja heikot kohdat
4. Keltainen hattu - asian edut
5. Vihreä hattu - vaihtoehtoiset ideat asialle
6. Sininen hattu - miten olemme asian suhteen edenneet, miten päästään lopputulokseen.

Nämä hatut käytiin järjestyksessä jokainen omana osanaan, jolloin hyvät ja huonot puolet eivät pääse sekoittumaan keskenään. Tämän palaverin peruseriaatteena on se, että jokainen osallistuja saa sanoa oman mielipiteensä jokaiseen ajatushatun määrittämään asiaan. Mielipiteensä sai ilmaista ilman että kukaan käy väittämään vastaan. Näin saatiin isolla porukalla käytyä asia kuudelta näkökantilta läpi ilman että olisi pysähtytty asiassa paikoilleen ja alettu vain väittelemään. Tämän käytännön ansiosta saatiin paljon eri mielipiteitä ja kannanottoja asian tiimoilta.

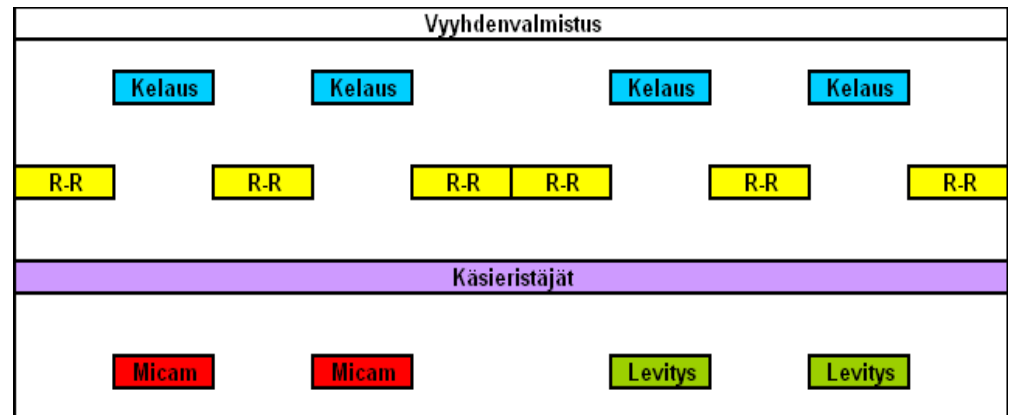
Eri vaiheissa prosessia saatiin paljon perusteluita, miksi tämä olisi hyvä ratkaisu ja miksi ei. Vihreän hatun osuudessa tuli myös hyviä ideoita itse *layoutiin* sekä käytännön toimiin. Mielestäni tämä palaveri oli erittäin jalostava kaikilta osin. Tietojen saanti eri osa-alueiden osajilta nosti tämän palaverin arvoa huomattavasti. Palaverissa oli osanottajia jokaisen asiaa koskevan osaston työntekijöistä, työnjohtajista, valmistuspäälliköistä ja tuotannonkehityksinsinööreistä. Erityisesti valkoisen hatun osiosta sain paljon ajattelemisen aihetta layoutin suunnittelua ja perustelua varten.

## 6.6 *Layoutin* ideaali ajatusmalli

Vyyhdenvalmistuksessa ideaalimallin luominen on helpompaa kuin kääminässä. Vyyhdenvalmistuksessa ovat useat eri työvaiheet, jotka tehdään peräkkäin tietyssä järjestyksessä, on asetettava loogiseen jonoon. Koska vyyhdenvalmistuksessa on mahdollista tehdä useaa vaihetta koneen vyyhteille samaan aikaan, on ideaalimallin oltava käytännönmukaisessa



etenemisjärjestyksessä. Kääminnässä pitää suorittaa yksi vaihe kerrallaan, joten ainoa virtausmalli mitä voidaan ajatella, on uraanlaitto toiseen reunaan, keskelle juotto ja kytkentä sekä äärilaitaan tarkastus ennen kyllästystä.



Kuva 13. Vyyhdenvalmistuksen yhdistettyjen osastoiden ideaalimalli

Lähtökohtana *layout*-suunnittelussa oli luoda ideaalimalli ilman mitään rajoituksia. Tästä seuraava vaihe oli kartoittaa rajoitukset ja sopeuttaa ideaalimalli mahdollisimman hyvin annettuihin tiloihin. Tämän lisäksi huomioon otettiin muut rajoitukset, kuten esim. Moduulin kääminnän asettamat vaateet lattiarakenteille.

## 6.7 Layout-ehdotukset

Seuraavissa kohdissa esitetyt *layout*-ehdotukset ovat muotoutuneet useiden eri ihmisten kanssa käytyjen keskusteluiden ja niistä esiin tulleiden ideoiden pohjalta. *Layout*-ehdotukset olen sijoittanut toteuttaen omaa näkemystäni asioista, jonka mukaan tilat olisivat mielestäni toimivimmat. Päällimmäisinä ohjenuorina ovat kuitenkin olleet ajatukset joustavasta työnteosta, hyvästä työturvallisuudesta, järkevistä materiaalivirroista sekä mahdollisimman nopeasta läpimenoajasta. *Layoutien* perustelut nojautuvat omiin kokemuksiini, sekä eri ihmisiltä eri tilanteissa satuihin tietoihin ja ajatuksiin. Kaikki *layout*-ehdotukset materiaalivirtoineen löytyvät piirrettynä liitteistä.

### 6.7.1 Osastojen kehittäminen (*layout 1*)

Osastoiden kehittämisen lähtökohtana on jo olemassa oleva *layout*-runko. Siinä muuteltaisiin vain Moduulipuolen vyyhdenvalmistusta ja käämintä. Muutoksen mahdollistaa paketinvalmistuksen siirtyminen uusiin tiloihin. Tällöin paketinvalmistuksen vanhoihin tiloihin jäisi moduulipuolelle käyttöön tiloja, joihin on suunniteltu vyyhti- ja pakettipuskuria.

Tähän tilaan tulisi vyyhtiautotalli, jossa kosteina aikoina voidaan kuivattaa vyyhdet ennen koestusta, jotta ne eivät pala kosteuden takia. Näihin tiloihin mahtuu myös valmiit paketit. Tämän muutoksen ansiosta saataisiin käämintään lisää tilaa, kun ei tarvitse enää varastoida paketteja kääminnässä.

Kääminnässä sijaitseva vyyhtiautotalli saataisiin siirrettyä paketinvalmistuksen vanhoihin tiloihin. Nämä toimenpiteet vapauttavat tilaa kääminnässä niin paljon, että sinne olisi mahdollista saada paljon toivottuja kytkentäpaikkoja lisää, yhteensä kaksi kappaletta. Nämä kytkentäpaikat sijoitettaisiin suunnitellussa *layoutissa* poistuvan autotallin tilalle.

Moduulipuolen vyyhdenvalmistuksen vyyhtien kuivauspaikka, eli autotalli saataisiin myös siirrettyä paketinvalmistuksen vanhoihin tiloihin. Tämä vapauttaa paljon tilaa osastolta, jolloin saadaan väljemmäksi ahtaita käsieristystiloja ja samalla parannettaisiin työturvallisuutta.

Moduulipuolen vyyhdenvalmistuksen vanha kelauskone vaihdettaisiin uuteen. Vanhan kelauskoneen ongelmana on sen rajattu käyttömahdollisuus. Koneen nykimisien takia sillä ei voida kelata töitä, joissa on ohut kuparin profiili.

Vanhan kelauskoneen lyhyt kelauspuomi jättää osan töistä muille kelauskoneille kelattavaksi. Tämä on ongelmana varsinkin Micam-vyyhdeissä, joissa kelausmitta on useimmiten kahdesta metristä ylöspäin ja se on liian pitkä käytössä olevalle kelauspuomille. Tämä vähentäisi myös edestakaista liikettä osastolla ajatellen Micam-vyyhtejä, sillä tämä kelauskone on sijoitettu Micam-koneiden viereen.

HX-vyyhdenvalmistukseen tulee yksi uusi ravirataeristyskone kasvattaen kyseisien koneiden lukumäärän neljään. Tämä kone sijoitettaisiin toisen koneen pariin Viipuriin siirrettävän koneen tilalle.

*Layout*-muutoksia tulisi vain kahden uuden kytkentäpaikan, sekä vyyhtiautotallien muuton verran. Kaikki muu mainittu olisi vain osastoiden kehittämistä, joka tulee eteen joka tapauksessa. Tämä *layout*-hahmotelma löytyy liitteenä numero 1. Moduulin käämintä ja vyyhtiautotalli pysyvät aina samanlaisina, ja löytyvät liitteinä 4 ja 5.

Plussat:

- On vaihtoehtoista halvin.
- Osastokoko säilyy pienempänä, jolloin se on helpompi hallita.
- Saadaan tieto tuleeko käsieristyskone tuotantoon, ennen kuin tehdään isoja siirtoja.
- Vähemmän konflikteja työntekijöiden kesken, kun osastokoko on pienempi.

Miinukset:

- Pitkällä aikavälillä ei ole kestävä ratkaisu.
- Aiheuttaa paljon trukkiliikennettä raskailla taakoilla.
- Samankaltaisten osastoiden on haasteellisempi tukea toistensa toimintaa, kun osastot fyysisesti erillään.
- Vaikeampi yhdistää osastoiden toimitapoja, kun osastot ovat fyysisesti kaukana toisistaan.
- Läpimenoajan vähentäminen on vaikeata pienellä konekapasiteetilla.

#### 6.7.2 Vyyhdenvalmistukset samassa tilassa (*layout 2*)

Tämän *layoutin* lähtökohtana oli saada koko vyyhdenvalmistus samaan tilaan. Tähän tarpeeksi suuret tilat on vain HX-vyyhdenvalmistuksen ja -kääminnän tilat. Tästä johtuen vyyhdenvalmistuksen tila tässä *layoutissa* on tämä. HX-käämintä joudutaan siirtämään Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin. Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloissa toimisi tässä *layoutissa* myös levitys.

Vyyhdenvalmistuksen *layoutina* HX:n osalta ei tule muutoksia. Tässä osassa toiminnot on mielestäni hyvin järjestetty nykyisellään, materiaalin siirtyminen vaiheesta toiseen on sujuvaa, eikä välissä ole tavaroiden siirtelyä nimeksikään. Käsieristys keskiosassa, neljän eristyskoneen ympäröimänä mahdollistaa eri töiden tekemistä ilman siirtymisiä.

Moduulin vyyhdenvalmistuksen sijoittelu kokonaisuudessaan tähän tilaan on erittäin vaikeaa. Ravirataeristyskoneet on sijoitettu myös siten, että yksi kelauskone syöttää kahta ravirataeristyskonetta, jotka syöttävät käsieristystä. Micam-eristyskoneet ovat vierekkäin seinään vasten. Tällä on varmistettu vyyhtien siirto eristyskoneelle estoitta. Micam-vyyhtien koestushäkki on jouduttu viemään toiseen päähän osastoa. Tämä siksi, että mielestäni osastolla pitää olla selvä pääkäytävä, jossa on esteetön kulkumahdollisuus myös trukeilla.

Taukotila on laajennettu, ja sijoitettu yhteen kerrokseen, johtuen katossa olevan ilmastointikoneen sijainnista. Micam-vyyhtejä ja harvinaisempia kuu-silankaisia vyyhtejä varten oleva kelauskone on sijoitettu Micam-eristyskoneiden tuntumaan, jossa on tilaa eristää niitä. Micamin kannalta on huonoa, että levitys on toisessa tilassa, sillä tämä lisää materiaalien edestakaista liikennettä huomattavasti. Työturvallisuuden takia tarkoitus on vähentää turhaa liikennettä käytävillä, joten tämä ratkaisu sotii työturvallisuuden parantamiseen tähtäävää *layoutia* vastaan

Levityskoneet on sijoitettu rinnakkain moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin. Sijoittelun kannalta valittu puoli oli ainoa oikea ratkaisu. Levityskoneet vaativat pienemmän tilan kuin HX-käämintä. Käämintä vaatii myös vankemman nosturin, joka on valmiina jo toisella puolella osastoa. Levityksen yläpuolella oleva nosturi voi nostaa 2 000 kg ja HX-kääminnin yllä oleva 10 000 kg.

Moduulin käämintä pysyy paikallaan johtuen siellä olevien laitteiden lattiaan upotuksen tarpeesta. Kyseisellä osastolla on valmiiksi hyvä virtaus kohti tarkastushäkkiä, josta käämityt koneet siirtyvät kyllästysprosessiin.

HX-käämintään on tehty samantyyppinen virtaus kohti tarkastushäkkiä, kuin Moduulin kääminnässä. Huonona asiana voidaan pitää pakollista trukkilii-kennettä tarkastushäkistä kyllästämöön. Hyvänä puolena kuitenkin on se, että trukkilii-kenne HX-kääminnin tarkastuksesta kyllästämöön lyhenee muutoksen myötä huomattavasti entiseen verrattuna. Yritin saada mahdutettua myös HX:n tarkastuksesta sijoitettua rullaradan kyllästämöön aivan kuten Moduulin kääminnässä. Kyllästämön puolella on kuitenkin niin paljon esteitä kyseisellä seinällä, että se on mahdotonta. Tämä *layout*-hahmotelma löytyy liitteenä numero 2. Moduulin käämintä ja vyyhtiautotalli pysyvät aina samalaisina, ja löytyvät liitteinä 4 ja 5.

Yhtenä vaihtoehtona on siirtää Moduulin käämintään ajatellut kaksi uutta kytkentäpaikkaa HX-käämintään ja sijoittaa HX:n tarkastus tähän alueeseen. Tämä mahdollistaisi rullaradan yhdistämisen ja kaikkien käämittyjen staatto-reiden siirtymisen sitä pitkin kyllästämöön. Tällöin olisi järkevää rakentaa HX:n kääminnän virtaus päinvastoin kuin *layout*-piirustuksessa. Tämä lisäisi trukkiliiikennettä osaston sisällä, mutta vähentäisi sitä pääkäytävillä.

#### Plussat:

- On helpompi suunnitella läpimenoaikaa lyhentäviä konekapasiteetin jakoja.
- Samankaltaisten osastoiden on helpompi tukea toistensa toimintaa.
- Raskaiden taakkojen kuljettelu vähenee ja työturvallisuus paranee.
- Helpompi toteuttaa yhteistä työjonoa.
- Moni osaamisen määrä kasvaa sekä vyyhdenvalmistuksessa että kääminnässä.
- Työn kierto laajentuu sekä vyyhdenvalmistuksessa että kääminnässä.
- Levityksen laatu paranee, kun levittäjät voivat keskenään helposti katsoa työkohtaisesti kummalla koneella työ saadaan laadukkaammin levitettyä.

#### Miinukset:

- Osastokoko kasvaa, jolloin hallittavuus vaikeutuu.
- Micam-vyyhtien edestakainen liikuttelu vilkkailla käytävillä.
- On enemmän mahdollisia henkilökemia ongelmia johtuen osastokoon kasvamisesta.
- On kallein vaihtoehto.
- Vyyhdenvalmistuksessa on huonot materiaa livirrat tilojen rajoitteiden johdosta.

### 6.7.3 Vyyhdenvalmistukset samassa tilassa, Micam erikseen (layout 3)

Vyyhdenvalmistukset samassa tilassa ilman Micamia on materiaalivirtaukseltaan paras *layout*-ehdotus. HX-vyyhdenvalmistus pysyy samanlaisena kuin ennenkin. Moduulin vyyhdenvalmistuksesta samaan tilaan HX-vyyhdenvalmistuksen kanssa muuttaisi kaikki muu, paitsi Micam-eristyskoneet ja Micam-lenkitys.

Ravirataeristyskoneita syötettäisiin kuuden kelan kelauskoneella, ja ravirata-koneet syöttäisivät käsieristystä. Tästä vyyhdet matkaisivat samalla osastolla olevalle levityskoneelle tai Moduulin vyyhdenvalmistuksen vanhassa tilassa olevalle levityskoneelle. Tietyissä vyyhdeissä saadaan parempilaatuinen lopputulos Spiraformin levityskoneella kuin Asealla. Spiraformilla levitetään tämän lisäksi kaikki Micam-vyyhdet, sillä Asealla tämä on mahdotonta. Spiraform sijaitsisi Micam-eristyskoneiden vieressä ja Asea vyyhdenvalmistusten tiloissa.

Micam-vyyhdet kelattaisiin ja sidottaisiin myös vyyhdenvalmistus osastolla. Kelauskoneena olisi hyvä olla uusi, automaattijarruilla varustettu pitkäpuominen kelauskone. Tältä osastolta ne siirtyisivät Moduulin vyyhdenvalmistuksen vanhassa tilassa olevalle levityskoneelle. Levityksen jälkeen ne lenkitettäisiin vieressä olevassa tilassa ja siitä ne siirtyisivät Micam-eristyskoneelle. Tässä mallissa jäisi pois edestakainen liikenne Micam-vyyhtien kanssa, joka parantaisi työturvallisuutta.

Tämä *layout*-hahmotelma löytyy liitteenä numero 3. Tässä liitteessä on mukana havainnollistavat materiaalivirtoja kuvaavat hahmotelmat. Moduulin käämintä ja vyyhtiautotalli pysyvät aina samanlaisina, ja löytyvät liitteinä 4 ja 5.

Myös tässä *layout*-ehdotuksessa kääminnät olisivat samoin kuin edellisessä *layout*-ehdotuksessa, joten myös tämän *layoutin* muutosmahdollisuutena on HX:n kääminnän tarkastushäkin paikan siirto Moduulin käämintään. Tällöin saataisiin siirrettyä tarkastetut staattorit rullarataa pitkin kyllästämöön. Tämä vähentäisi liikennöintiä vilkkailla trukkipäylillä vielä entisestään parantaen työturvallisuutta.

#### Plussat:

- Konekapasiteetin jako on helpompaa, kun vyyhdenvalmistukset ovat samassa tilassa.
- Materiaalivirrat ovat hyvät, kaikkea liikutellaan mahdollisimman vähän, jolloin työturvallisuus paranee ja läpimenoaika lyhentyy.
- Osastoiden on helpompi tukea toisiaan kun ne sijaitsevat fyysisesti lähekkäin.
- Käämintöjen vieressä on Micam-lenkitys, jossa voidaan korjata mahdolliset vioittuneet vyyhdet lähellä käämintää.
- Moni osaaminen lisääntyy vyyhdenvalmistuksessa ja kääminnässä.
- Työnkierto lisääntyy vyyhdenvalmistuksessa ja kääminnässä.
- Työtapojen yhdistäminen on helpompaa.
- Helpompi toteuttaa yhteistä työjonoa.
- Lisäinvestoinnit tukevat molempia linjoja.
- Materiaalin hallinta helpompaa, koska voidaan tehdä keskitetty varastointi.

#### Miinukset:

- Osastokoot ovat suuria jolloin niiden hallinta on haastavampaa.
- On kallis muutos.
- Isossa osastossa on enemmän henkilökemia ongelmia.
- Vyyhtien kuljettelu käämintään vilkkaiden trukkiväylien kautta.

## 6.8 Layout-ehdotusten vertailu

Vertailussa kriteereinä on materiaalivirtojen järjestyminen, työturvallisuus sekä läpimenoaikojen nopeutuminen. Vaikka tässä insinööritöissä rahan ei pitänyt olla ratkaisevaa, arvioidaan muutosten kustannuksia. Asteikkona käytetään halvin – kallein -asteikkoa.

### 6.8.1 Layout 1 ja layout 2

Osastoiden *layoutin* pysyminen ennallaan on ehdottomasti halvin ratkaisu. Tämä ratkaisu on toimiva vallitsevalla kuormalla. Toimintaa saadaan kehitettyä niin, että tämä ratkaisu pystyy toimimaan vaikka olisi vielä isompiakin kuormia, mutta pitkällä aikavälillä tämä ei ole kestävä ratkaisu. Olemassa olevalla *layoutilla* on kohtuullisen hyvät materiaalivirrat, jotka kehityksellä saadaan vielä paremmiksi.

Tämän myötä saadaan parannettua Moduulin kääminnän ja vyyhdenvalmistuksen työturvallisuutta. Lisätilaa molemmilla osastoilla helpottaa työskentelytilan ahtauteen ja samalla työturvallisuuteen. Vyyhdenvalmistuksessa ei ole enää niin suurta vaaraa vyyhtien terävistä ulosotoista ja kääminnässä ei tule ahtaita tiloja pakettivaraston ollessa muualla. Pahin ongelma materiaalivirroissa on HX:n kääminnässä siirrettävät käämityt staattorit kyllästämöön vilkkaan väylän läpi, sekä staattoripakettien kuljettaminen HX:n käämintään.

Koko vyyhdenvalmistuksen siirtäminen samaan tilaan on kallein ratkaisu. Erityisen kalliiksi tulee kääminnän siirto, jonka seurauksena joudutaan rakentamaan uudet poistoilmaputkistot juottamisen yhteydessä syntyvien myrkyllisten kaasujen pois imemisen takia.

Tämä ratkaisu vähentäisi raskaita kuljetuksia huomattavasti, mutta toisi tilalle vyyhtien edestakaista kuljettelu. Mielestäni *layout 2* on kustannuksiinsa nähden erittäin vähäistä hyötyä tuova *layout*, jonka materiaalivirrat ovat kaikkea muuta kuin järkeviä. Tämä vaikuttaa myös pidentävästi läpimenoaikoihin. Työturvallisuutta saadaan parannettua ainoastaan sillä, että kuljetukset ovat kevyempiä.



### 6.8.2 *Layout 1 ja layout 3*

*Layout 1*:sen hyviä ja huonoja puolia käsiteltiin edellisessä kappaleessa. *Layout 3* on myös kallis toteuttaa, mutta silti halvempi kuin *layout 2*. Tämä johtuu siitä, että Asean levityskonetta ja kavennuskonetta ei tarvitse siirtää mihinkään.

*Layout 3*:sen hyviä puolia on paljon. Se vähentää raskaita kuljetuksia verrattuna *layout 1*:seen. Pakettien ja käämittyjen staattoreiden kuljettelu vähenee huomattavasti mikä on suuri parannus työturvallisuuteen.

Materiaalivirrat ovat kaiken kaikkiaan tilojen sallimissa puitteissa loogisia. Moduulin vyyhdenvalmistuksen tilat ovat väljemmät ja näin ollen myös turvallisemmat. HX-kääminnän materiaalivirrat selkeytyvät tässä *layoutissa*.

Vyyhdenvalmistusten ja käämintöjen virtaukset ovat läpimenoaikoja tukevia. Organisoimalla osastot oikein on tällä mallilla mahdollisuus *layoutin* kanssa saada näkyviä tuloksia läpimenoaikoihin. Tästä esimerkkinä joustavampi mahdollisuus samankaltaisen osaston tukemiseen, joka on vaikeampaa fyysisesti erillään olevissa osastoissa, kuten *layout 1*:ssä.

### 6.8.3 *Layout 2 ja layout 3*

Nämä *layoutit* ovat paljolti samankaltaisia toistensa kanssa. *Layout 3* on materiaalivirroiltaan ja tiloiltaan paljon parempi. Näin ollen se on turvallisempi ja läpimenoajallisesti järkevämpi. *Layout 3* on myös kustannuksiltaan hieman halvempi verrattuna *layout 2*:n kustannuksiin.

Erona näissä kahdessa *layoutissa* on Micamin kone-eristyksen ja lenkityksen jääminen Moduulin vyyhdenvalmistuksen tiloihin. Myös Asean levityskone jää paikoilleen HX:n tiloihin. Materiaalivirtojen kannalta *layout 3*:ssa jää pois Micam-vyyhtien edestakainen liikuttelu, ja kaiken kaikkiaan kaikki liikuttelu on mielestäni saatavissa niin pieneksi, kuin näillä tiloilla on mahdollista. Moduulin vyyhdenvalmistuksen siirtyvät osat saadaan asetettua myös materiaalivirtojen kantilta katsottuna järkeviksi osaston sisällä.

### 6.8.4 *Layout-valinta*

Käytössä olevan *layoutin* parantaminen on mielestäni paras ratkaisu vaiheessa, jossa käsieristyskoneen tuleminen tuotantokäyttöön on epävarmaa. Käsieristyskoneen fyysiset mitat ovat kuitenkin suuret (2m x 3m) ja koneen

ympärillä tarvittava työskentelytila kasvattaa tilan vaadetta vielä tästä huomattavasti. Kokonaistilan vaateesta ei ole mitään varmaa tietoa, ennen kuin konetta on huolellisesti testiajettu ja löydetty parhaat mahdolliset työolosuhteet ja -tavat. Tämän myötä löytyvät myös sopivat sijoittelupaikat ajamattomille ja ajetuille vyyhdeille, jotka tarvitsee ottaa myös huomioon ajattellessa tilantarvetta käsieristyskoneen ympärillä.

Tullessaan tuotantoon käsieristyskone muuttaisi *layoutin* luonteen kokonaan, sillä sen sijoituspaikka on kelauksen ja kone-eristyksen välissä. Tämän lisäksi tarvitaan yhä käsieristystilaa, sillä käsieristyskoneella ei ole tarkoitus eristää kaikkia vyyhtejä, vaan matalajännitteiset vyyhdet on tarkoitus eristää käsin jatkossakin.

Viipurin tuotannon ylösajo vaikuttaa erittäin suuresti kyseisien osastojen toimintaan ja kuormitukseen. Ennen kun Viipurin tuotanto on halutulla tasolla, eli sieltä tulee 15 käämittyä staattoria viikossa, on *layout*-muutoksia mielestäni turha tehdä. Viipurin vaikutuksista kuormituksen luonteeseen pitää saada mielestäni kokemuksia riittävästi ennen kuin uskalletaan tehdä *layout*-päätöksiä. Tämä mahdollistaa myös kuormituksen trendin seuranta, jolloin pystytään paremmin määrittämään tulevia hankintoja ja sitä, mihin ja miten kyseiset osastot mahtuvat tässä tilanteessa.

Mikäli käsieristyskone ei tule tuotantoon, on syytä harkita *layout* 3:sta. Tällä *layoutilla* on suuria vaikutuksia työturvallisuuteen, materiaalivirtoihin ja läpimenoaikojen lyhentämiseen. Samankaltaisten osastoiden ollessa fyysisesti lähekkäin on mahdollisuus tarvittaessa yhdistää ne. Osastot voivat erillään ollessaan helposti tukea toisiaan ja erityisesti vyyhdenvalmistuksessa oleva mahdollisuus konekapasiteetin joustavaan jakamiseen tarpeen mukaan on erittäin suuri etu.

## 7 YHTEENVETO

Tämä työ tehtiin ehdotukseksi tulevasta layoutista sähkökoneiden käämintöjen ja vyyhdenvalmistusten osalta. Työn tavoitteena oli kartoittaa osastojen tilanne, tutkia miten osastoiden toimintaa voitaisiin kehittää ja tehdä edellisten asioiden pohjalta *layout*-ehdotus. Läpimenoaikojen lyhentäminen, järkevät materiaa livirrat ja työturvallisuus olivat myös yhtenä suurena osatekijänä *layout*-ehdotuksen tekemisessä. Tämän *layout*-ehdotelman tarkoitus on tukea tulevaisuuden kuormituksen läpimenoa kyseisillä osastoilla.

Kartoittaessani osastoiden tilannetta tuli eteen asioita joihin joudutaan investoimaan tulevaisuudessa. Kuormituksen kasvaessa joudutaan investoimaan yhteen uuteen kelauskoneeseen, jossa on pitkä kelauspuomi, yhteen uuteen ravirata-eristyskoneeseen, kahteen kytkentäpaikkaan ja yhteen induktiokuumentimeen.

*Layout*-ehdotukseni on kaksiosainen. Siinä jälkimmäisen osan toteutumiseen vaikuttaa suoraan ratkaisut siitä tuleeko käsieristyskone tuotantoon vai ei. Ensimmäisen osan ratkaisuna on osastoiden toiminnan kehittäminen ja uusien työkonoiden hankina sekä työvuorojärjestelyt. Mikäli käsieristyskone ei tule tuotantoon, toteutettaisiin *layout* 3. Tämä järkeistäisi materiaa livirtoja, vähentäisi trukkiliikenteen ja siirtelyiden määrää parantaen työturvallisuutta, lisäisi moni osaamista sekä parantaisi osastoiden toisiaan tukevaa toimintaa. Näillä toimilla saataisiin turvattua tulevaisuuden kuormituksen läpimeno kyseisillä osastoilla.

Jos käsieristyskone tulee tuotantokäyttöön, mullistaa se *layout*-ajattelun kokonaan uusiksi. Insinööri työssäni esille tulleita kartoituksessa havaittuja haasteita ja niihin löydettyjä ratkaisuja voidaan käyttää jatkossa hyväksi. ABB:llä on meneillään vyyhdenvalmistusp rojekti, jossa keräämiäni tietoja tullaan käyttämään hyväksi suunniteltaessa vyyhdenvalmistuksen kehitystä ja mahdollista uutta *layoutia*. Suunnittelemani *layout*-hahmotelma on käytössä myös vyyhdenvalmistusp rojektissa yhtenä mahdollisena vaihtoehtona. Olen yksi vyyhdenvalmistusp rojektin jäsenistä ja omalta osaltani vaikuttamassa päätöksiin tulevaisuudessa. Tässä tehtävässä erittäin hyvänä tukena ovat keräämäni tiedot vyyhdenvalmistuksesta ja kääminnästä.

## 8 SUOSITUKSET

Insinööriyöni toimeksiantajan toiveesta työn loppuun on lisätty erillinen osio johon on listattu antamani toimenpidesuosituksat.

- Panostetaan enemmän työjonon muokkaamiseen vaikeiden koneiden osalta.
- Reagoidaan voimakkaammin toimittajien laatuvirheisiin.
- Hankitaan uusi kelauskone pitkällä puomilla ja automaattijarruilla.
- Kasvatetaan Micamationin varaosien varasto suuremmaksi.
- Kasvatetaan huppiloiden ja liuskojen varastot suuremmiksi.
- Tarkastetaan uudestaan kone-eristyksessä, milloin on kannattavampaa ottaa uusi rulla kuin tehdä jatkoksia.
- Tasataan työvuorot tasavahvoiksi myös osaamismielessä.
- Kasvatetaan osaamista käyttämällä työntekijöitä ristiin osastoiden välillä.
- Määritellään vyyhdenvalmistuosastoille yhtenäiset työtavat.
- Käytetään tauottajia eristyskoneilla.
- Servicelle yö- ja viikonloppupäivystys, joka takaisi tärkeimpien koneiden huollon kaikkina vuorokauden aikoina ja minimoisi seisakkeja.
- Kokeillaan 5-vuoron vaikutuksia tuotantoon (A-koneilla).
- Hankitaan kaksi uutta kytkentäpaikkaa tarvikkeineen (induktiokuumennin).
- HX-kääminnälle tarpeen mukaan lisää pyörityspöytiä AMA-koneiden siirtyessä yhä enemmän HX:n käämittäväksi.
- Määritellään käämintäosastoille yhtenäiset työtavat.
- Koneiden käyttäjäkunnossapidon parantaminen.

**LÄHTEET**

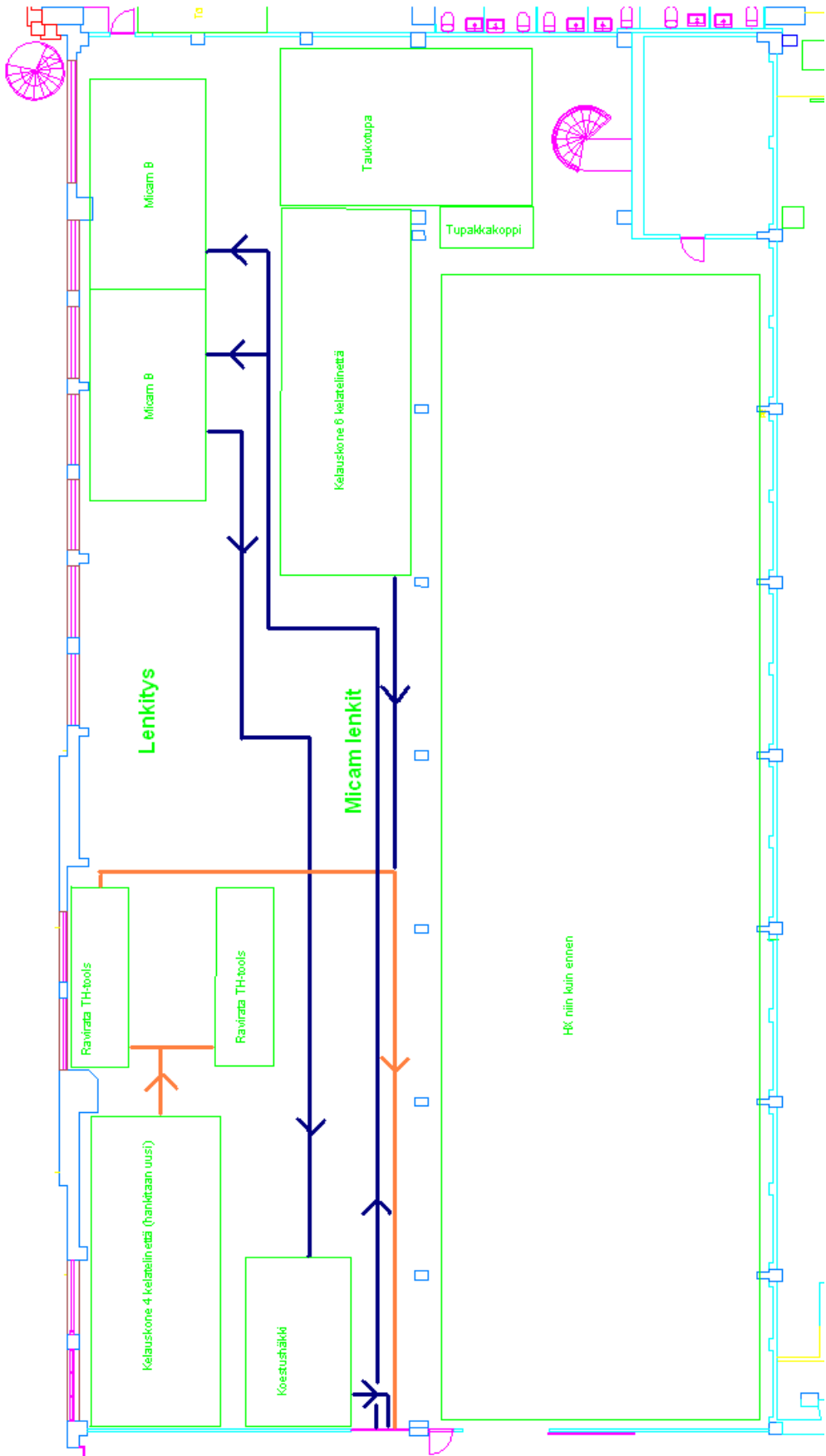
- [1] ABB, ABB lyhyesti. www-dokumentti. <http://www.abb.fi>. [Luettu 13.11.2007.]
- [2] PROFIMILL, tämän hetken tuotannon ohjaus. www-dokumentti. <http://www.profimill.fi>. [Luettu 4.1.2008.]
- [3] ABB:n sisäinen ohjeistus tietokanta. Saatavissa ABB:n sisäisestä verkosta.
- [4] Kallioinen Markku, Kone-eristyksen kapasiteetin tarkastelu ja määrittäminen. Insinööritö: Helsingin Ammattikorkeakoulu. Konetekniikan koulutusohjelma. Helsinki 2008





Layout 2  
Vyyhdenvalmistus

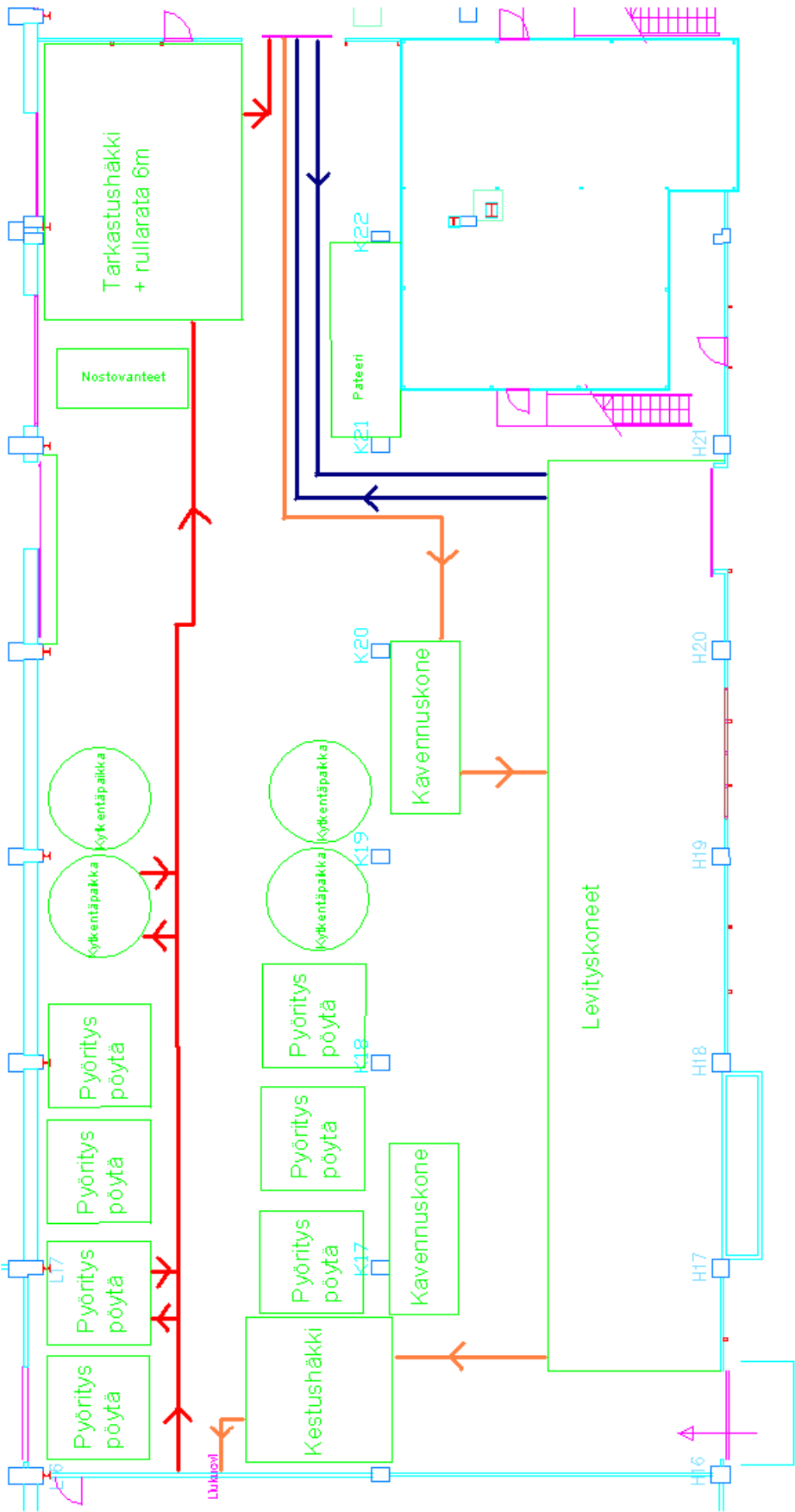
Materiaalivirrat  
Micam vyyhdet  
Vyyhdet



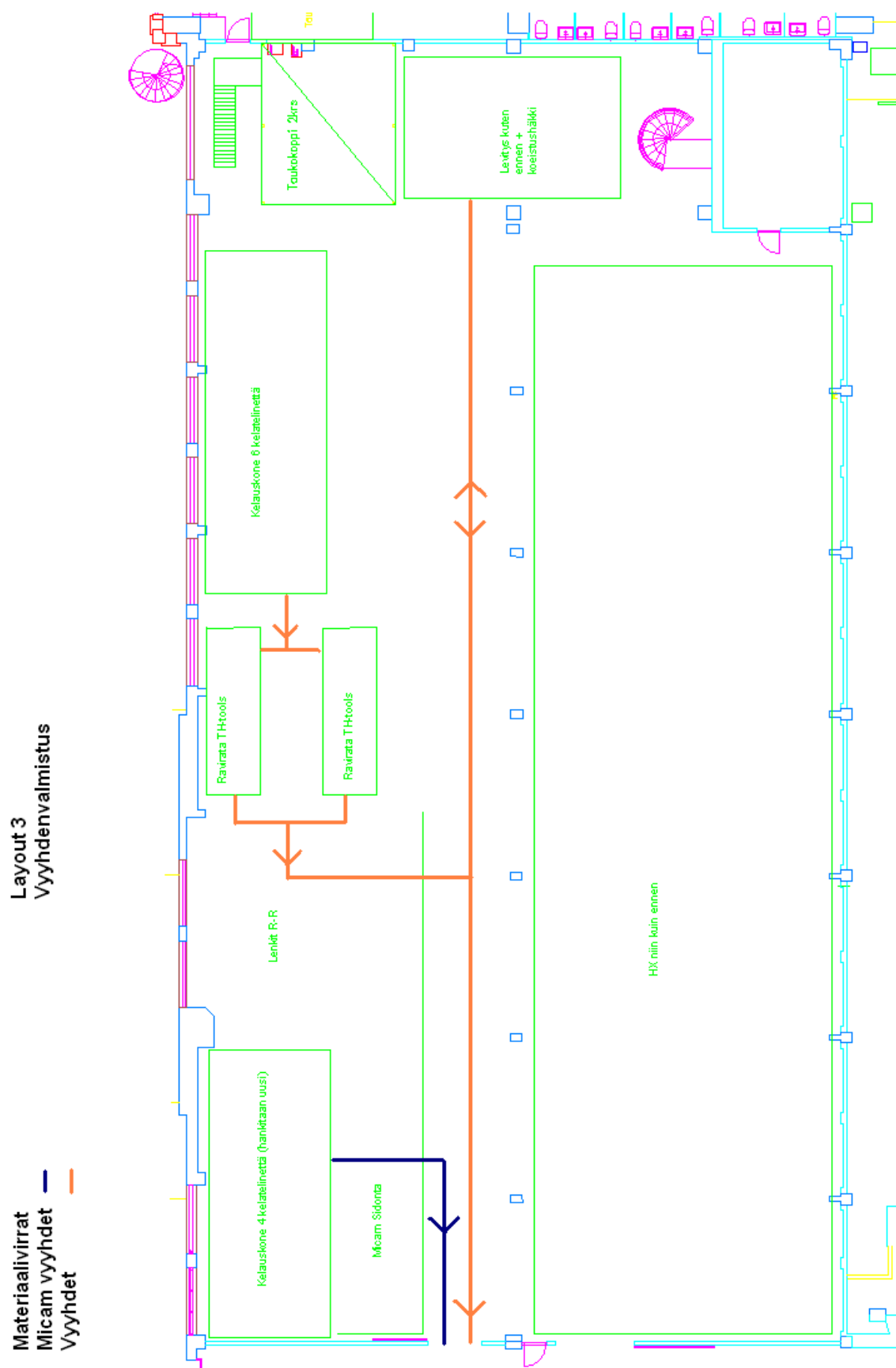


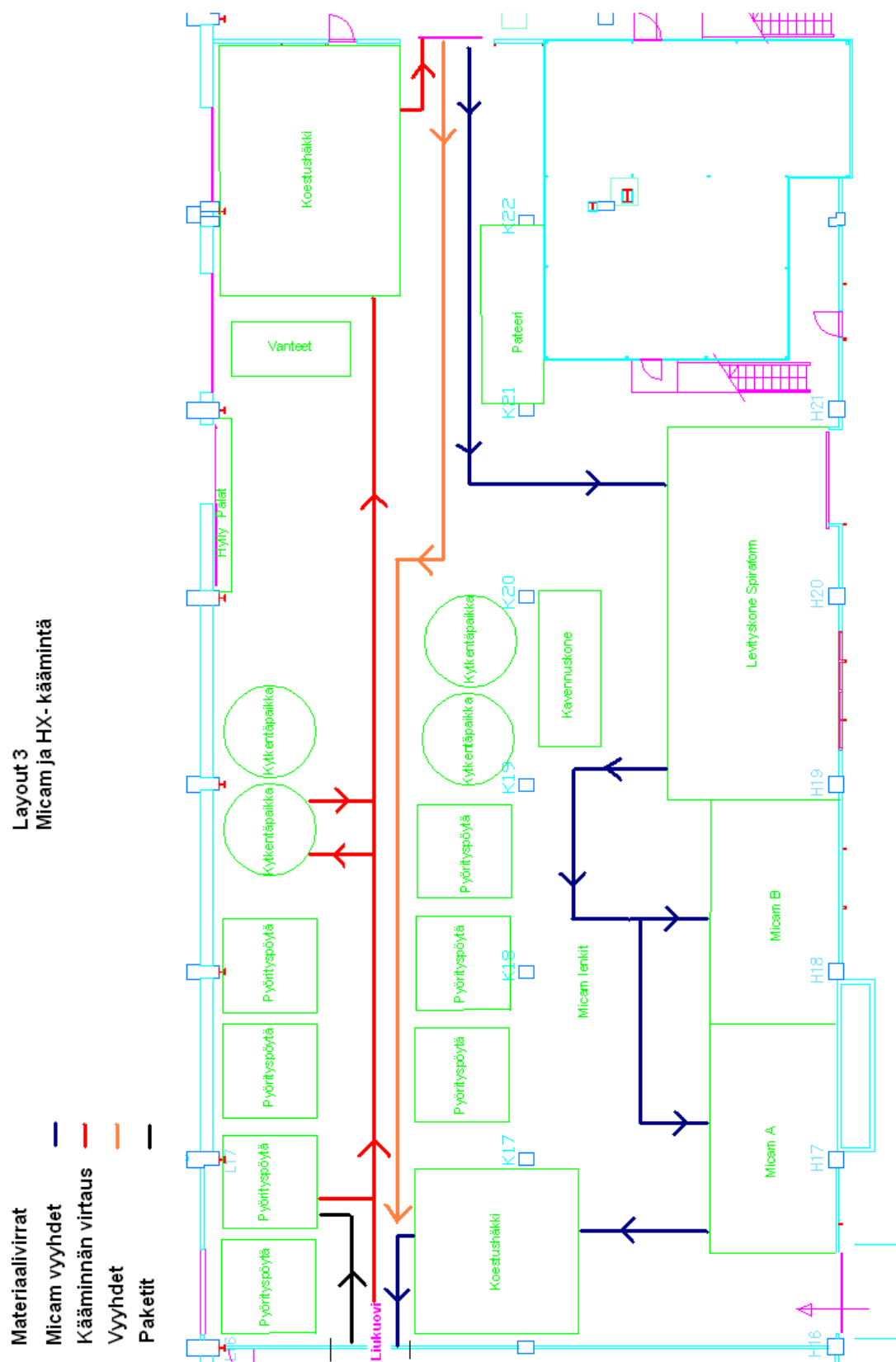
Layout 2  
Levitys ja HX-käämintä

- Materiaalivirrat  
Micam vyyhdet  
Vyyhdet  
Käämintä  
Paketti









Materiaalivirrat  
 Micam vyyhdet  
 Vyyhdet

Layout 3  
 Materiaalivirrat osastoiden ulkopuolella

